ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 JUIN 1941.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Un filtre monochromatique spécialement adapté aux recherches sur le Soleil.* Note de M. **Bernard Lyot**.

En 1933, j'avais décrit un filtre monochromatique utilisant les interférences produites, en lumière polarisée, par une série de lames cristallines (1). Cet appareil comportait 10 polariseurs de 18^{mm} d'ouverture et, faute du spath nécessaire pour les tailler, sa construction n'a pas été achevée. En 1938, ayant pu avoir des feuilles de *polaroïd*, j'ai entrepris, avec ce nouveau type de polariseur, la construction d'un filtre basé sur le même principe.

La partie principale du nouveau filtre se compose de six lames de quartz à faces parallèles, carrées, de 36^{mm} de côté. Ces lames sont taillées de manière que l'axe optique soit parallèle à un côté et aux faces d'entrée et de sortie; elles sont superposées, leurs axes optiques étant parallèles; chacune d'elles a une épaisseur double de la précédente. Entre ces lames, avant la première et après la dernière, sont placées des feuilles de *polaroïd* dont les plans de polarisation, dirigés suivant une diagonale, sont parallèles entre eux et à 45° des axes optiques des quartz. Toutes ces pièces sont collées au baume de Canada pour supprimer les pertes de lumière par réflexion et améliorer les images.

Considérons tout d'abord les *polaroïd* comme des polariseurs parfaits et négligeons la dispersion du quartz. La vibration d'amplitude A, qui sort

(1) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1593.

du premier polariseur, est décomposée, par la lame la plus mince, en deux vibrations rectangulaires d'amplitude $A/\sqrt{2}$, présentant une différence de marche δ. Le deuxième polariseur les rend parallèles et réduit leur amplitude à $A/2$. Après la deuxième lame et le troisième polariseur, nous avons de même 4 vibrations d'amplitude $A/4$, présentant les retards o, δ, 2δ, 3δ. A la sortie du filtre, nous aurons 2^6, soit 64 vibrations parallèles d'amplitude $A/64$, présentant les retards o, δ, 2δ, ..., 63δ. Le spectre résultant de leurs interférences consiste en un petit nombre de bandes brillantes dont l'amplitude au centre est A et la largeur totale $2\lambda/64\delta$; elles sont distantes de λ/δ et encadrées par quelques maxima secondaires faibles. La dispersion des lames a pour effet de rapprocher les maxima et de les rendre plus fins dans le rapport $1-[\lambda/(n_e-n_0)]\,[d(n_e-n_0)/d\lambda]$.

En faisant varier le retard δ, on peut déplacer les bandes dans le spectre et, en même temps, modifier leur écartement. Ce retard et, par conséquent, l'épaisseur du quartz le plus mince ont été choisis tels que le filtre transmette un petit nombre de radiations monochromatiques, dont 6 aient des longueurs d'onde aussi voisines que possible de celles des 4 radiations chromosphériques et des 2 radiations coronales principales du spectre visible, à savoir : pour l'hydrogène Hα et Hβ; pour l'hélium D_3; pour le magnésium b_1, et pour la couronne les raies rouge et verte 6374,5 et 5302,8.

La répartition de ces 6 radiations et la loi de dispersion du quartz permettent de réaliser ces conditions d'une manière satisfaisante. Ceci étant fait une fois pour toutes, par construction, il suffit de faire varier ensuite la température du filtre dans des limites peu étendues pour amener une des radiations qu'il transmet en coïncidence exacte avec celle que l'on veut isoler. Les longueurs d'onde du filtre diminuent, lorsque la température s'élève, à raison de 1,04 dix millième par degré.

L'épaisseur de la lame la plus mince est 2^{mm},22. Le retard qu'elle introduit à la température de 30°, pour chacune des 6 radiations, est exprimé en longueurs d'onde, et donné par la 3e colonne du tableau; il est presque égal à un nombre entier plus 0,5.

Radiation.	λ.	$\frac{\delta}{\lambda}$(30°).	T.	T'.
			°	°
Hα	6562,8	30,557	46,4	47,5
R couronne	6374,5	31,531	38,6	39,4
D_3	5875,6	34,441	14,9	14,9
V couronne	5302,8	38,544	40,2	39,4
b_1	5183,6	39,527	36,1	35,1
Hβ	4861,3	42,457	21,1	19,6

L'égalité a lieu à une température T inscrite sur la quatrième colonne. A cette température, le filtre isole la radiation correspondante si l'on a soin de placer la lame la plus mince entre polariseurs croisés. Les autres lames, d'épaisseur double, quadruple etc., contiennent des nombres entiers d'ondes et doivent être entre polariseurs parallèles.

On voit que les radiations verte et rouge de la couronne sont isolées à des températures très voisines; en effet les différences de phases qu'elles subissent dans le quartz sont dans un rapport presque égal à 38,5/31,5, soit 11/9. Ce rapport, légèrement variable avec la température, est (11/9)(1,00018) à 39° et (11/9)(1,00010) à 0° (²).

Cette curieuse propriété du quartz m'a permis d'isoler simultanément les deux principales radiations coronales, en modifiant légèrement les deux lames les plus épaisses. La lame de 71^{mm} a été diminuée d'une onde jaune, soit 64^{μ}; la lame de 35^{mm} a été diminuée d'une demi-onde, soit 32^{μ}, et placée entre polariseurs croisés.

La 5ᵉ colonne du tableau donne la température T′ à laquelle fonctionne le filtre ainsi modifié. T′ est égal à T dans le jaune, un peu supérieur dans le rouge et un peu inférieur dans le bleu, de sorte que les raies verte et rouge de la couronne sont isolées à une même température, 39°,4; de plus, les raies chromosphériques D_3 et $H\beta$ sont isolées à des températures plus voisines, 14°,9 et 19°,6.

On peut séparer à volonté une des radiations transmises par le filtre en ajoutant, à sa suite, un groupe de trois lames de quartz minces dont les déphasages, pour la raie D_3, sont 17, 8,5 et 4,5 ondes. La 3ᵉ lame, entre polariseurs parallèles, transmet seulement les cannelures $H\alpha$ et 5303 et, entre polariseurs croisés, D_3 et $H\beta$. Des écrans colorés suffisent alors pour séparer les deux radiations restantes. Un autre groupe de trois lames produisant des retards de 18, 9 et 4,5 ondes pour la raie 6374, transmet simultanément les deux raies coronales.

(²) La probabilité pour que l'on puisse isoler ainsi six radiations quelconques dans l'intervalle 15° à 48°, sans que le nombre d'ondes de la lame la plus mince dépasse 35, dans le jaune, est 1/200. La probabilité pour que les températures de 5303 et 6374 soient, de plus, égales à 2° près, est de 1/2000. Si l'on tient compte des autres avantages fortuits tels que le faible écart de température entre D_3 et $H\beta$ d'une part, entre $H\alpha$ et les raies coronales d'autre part, et de la distribution régulière des quatre cannelures $H\alpha$, D_3, 5303 couronne et $H\beta$, on trouve des probabilités de l'ordre du cent-millième.

Les 6 lames de quartz, 7 *polaroïd* et 2 glaces terminales ont été empilées et collées au baume de Canada. L'ensemble, formant un parallélépipède de 150^{mm} de long, est placé dans un tube d'aluminium dont la surface extérieure, cylindrique, mesure 64^{mm} de diamètre et la surface intérieure, conique, mesure 48 et 52^{mm} aux extrémités. L'espace existant autour des pièces optiques est entièrement occupé par 4 cales d'aluminium ayant une face plane et l'autre conique. Ces cales permettent de supprimer les jeux et d'assurer ainsi un bon contact thermique entre les quartz et la monture.

Sur la surface extérieure du tube d'aluminium est bobinée une couche de fil de cuivre collée à la bakélite et recouverte d'une épaisseur de drap. Cet enroulement, destiné à chauffer le filtre, a une résistance de 60 ohms à 30°; il constitue l'un des bras d'un pont de Wheatstone. La résistance de comparaison, de 60 ohms, en manganin, est indépendante de la température. Un potentiomètre permet de réaliser l'équilibre du pont; il est pourvu d'une graduation qui indique la température du filtre au $1/10^e$ de degré. La monture suit très rapidement les variations de température de l'enroulement; l'équilibre des quartz demande environ 5 minutes.

Propriétés optiques du filtre. — Le filtre ainsi réalisé transmet un spectre formé de fines cannelures brillantes, au nombre de 14 entre 4800 et 7000 Å. La largeur moyenne de ces cannelures est de 2 Å dans le vert et 3 Å dans le rouge; leur transparence au centre est 13 % dans le vert et 24 % dans le rouge.

Les longueurs d'onde transmises par le filtre varient suivant la direction des rayons qui le traversent; la variation relative est maximum dans le plan de l'axe ou dans un plan perpendiculaire; pour un angle d'incidence i, elle a pour valeur $\mp 0,185\ i^2$. On peut admettre une variation relative de 1/10000 et utiliser ainsi un champ carré de 2°40′ de côté.

Observations. — Le filtre monochromatique a été achevé au mois de juillet 1939, au Pic du Midi, et placé à la suite du coronographe.

L'observation à l'oculaire a montré les phénomènes suivants : le ciel, autour du Soleil, présentait une teinte marron due aux *polaroïd.* En faisant croître la température, on voyait les protubérances apparaître brillamment sur ce fond sombre, à 15°, en jaune avec la raie D_3, puis, à 19°, en bleu avec la radiation $H\beta$. Vers 17°, elles présentaient une coloration intermédiaire qui virait au bleu ou au jaune sur les points animés de vitesses radiales positives ou négatives. A 35°, les protubérances se montraient de nouveau en vert, avec la radiation 5183 du magnésium. A 39°, la couronne apparaissait à son tour, simultanément avec les radiations 6374 et 5303. Cette dernière radiation dominait et lui donnait une vive couleur verte; de très nombreux détails étaient visibles. En même temps, les protubérances transparaissaient déjà en rouge, grâce à

la grande intensité de Hα. A 48°, enfin, les protubérances brillaient avec un très vif éclat, en rouge avec Hα.

En laissant le bord solaire dépasser le disque du coronographe, on voyait, de plus, la chromosphère doubler celui-ci d'une multitude de jets fins, tantôt radiaux, tantôt inclinés dans une même direction.

Le filtre qui vient d'être décrit permettait de photographier la couronne à l'aide de ses radiations monochromatiques. Des images, sur lesquelles le Soleil mesure 65^{mm} de diamètre, ont été obtenues ainsi avec des poses de 5 à 10 minutes. Elles sont différentes des photographies ordinaires; les jets brillants sont beaucoup plus contrastés et se résolvent en détails plus nombreux.

Quatre clichés des bords Est et Ouest, pris le 10 août 1939, avec les radiations 5303 et 6374, montrent la couronne rouge très différente de la couronne verte; les jets rouges et verts partent en général des mêmes points du Soleil, mais les premiers sont plus fins que les seconds et paraissent suivre des trajectoires différentes. Certains détails rouges n'existent pas en vert, et inversement. Sur l'image verte du bord Ouest, on peut suivre un jet jusqu'à 8′ du Soleil.

Le filtre permettait en outre de cinématographier les protubérances et la chromosphère, même dans de très mauvaises conditions atmosphériques, par exemple à travers des nuages de poussières ou des cirrus.

Ce filtre a subi, depuis l'année 1939, des perfectionnements qui feront l'objet d'une prochaine Note.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Propriété diénique de l'éthyl-4 époxy-1′.7 octadiène-2.4 ou diméthyl-2.6 propényl-3 dihydro-5.6 [1.2 pyran].* Note de MM. **Marcel Delépine** et **Patrice Compagnon**.

Sous la désignation d'oxycarbure $C^7H^{11}O.CH:CH.CH^3$, l'un de nous (¹) a décrit autrefois un produit de déshydratation (III) d'un alcool (II), lui-même issu de l'action de l'iodure d'éthyle-magnésium sur l'aldéhyde $C^8H^{12}O^2$, dimère (I) de l'aldéhyde crotonique C^4H^6O. Les constitutions adoptées furent les suivantes :

(¹) Delépine, *Ann. Chim. et Phys.*, 8ᵉ série, 20, 1910, p. 389; *Comptes rendus*, 150, 1910, p. 535.

```
CHO-C=CH-CH2            CH3-CH2-CHOH-C=CH-CH2                1   2   3   4 5   6
    |       |                        |     |                 CH3-CH=CH-C=CH-CH2
 CH3-CH-O-CH-CH3                  CH3-CH-O-CH-CH3                      |     |7  8
                                                                    CH3-CH-O-CH-CH3
                                                                     2'  1'
```

(I) Aldéhyde $C^8H^{12}O^2$. (II) Alcool $C^{10}H^{18}O^2$. (III) Oxycarbure $C^{10}H^{16}O$.

Le corps (III) est ainsi l'éthyl-4 époxy-1'.7 octadiène-2.4. On peut aussi le considérer comme dérivé de l'α pyran ou 1.2 pyran; dans ce cas, il devient le diméthyl-2.6 propényl-3 dihydro-5.6 [1.2-pyran]; c'est sous ce dernier nom qu'il a été catalogué dans Beilstein.

Cet époxy possède deux doubles liaisons conjuguées; comme tel, il doit manifester les réactions d'addition des diènes, selon Diels et Alder. Réciproquement, si l'addition a lieu, la situation des doubles liaisons sera confirmée. L'addition de l'anhydride maléique fait l'objet de cette Note.

Mais, auparavant, il y avait lieu de se procurer aussi régulièrement que possible le diène en question; la déshydratation de l'alcool II par l'acide oxalique sec, le sulfate acide de potassium, le chlorure de zinc, en fournit à peine, et c'est tout fortuitement, lors d'une préparation, qu'il avait été obtenu en place de l'alcool ([1]); plus tard, il est vrai, Douris ([2]) réussit à l'avoir assez régulièrement, mais en proportions variables, en prolongeant pendant plusieurs jours l'action sur l'aldéhyde du magnésien en grand excès.

Nous avons constaté que si, au lieu d'iodure d'éthyle pour faire le magnésien, on utilise le bromure, même en grand excès, on n'obtient que l'alcool ($Éb_{15}$ 115-120°; n_D^{22} 1,477), et avons finalement supposé que si les préparations à partir de l'iodure d'éthyle-magnésium engendraient le produit de déshydratation, c'était parce qu'elles pouvaient contenir de petites quantités d'iode, favorables aux déshydratations, comme l'a montré H. Hibbert ([3]). Effectivement, en distillant 11^g d'alcool secondaire (provenant de 10^g d'aldéhyde) avec $0^g,05$ d'iode sous pression de 16^{mm}, le bain d'huile ne dépassant pas 135°, on recueille, entre 78 et 85°, $8^g,7$ d'oxycarbure; une rectification sous 16^{mm} fournit ensuite $6^g,8$ passant de 78 à 79° avec n_D^{20} 1,4850, d'un produit identique à celui qu'avaient eu Delépine et Douris ($Éb_{18}$ 82-84°; n_D^{20} 1,4857).

C'est ce corps que nous avons fait réagir sur l'anhydride maléique. On ajoute celui-ci en quantité équimoléculaire au composé diénique; au bout de quelques secondes, il se dissout et la température s'élève. Après refroidissement, on obtient une masse pâteuse qu'un traitement approprié scinde en deux combinaisons.

([2]) *Comptes rendus*, 157, 1915, p. 943.
([3]) *Journ. of Am. Chem. Soc.*, 37, 1915, p. 1748.

L'anhydride maléique se fixe selon le schéma suivant, où nous avons modifié un peu la présentation de la formule (III) :

(IV)

On obtient la combinaison (IV). Pour la dénommer, le plus simple est de la considérer comme un dérivé de l'isochromane (V). Par exemple l'acide (VI) correspondant à l'anhydride (IV) sera l'acide tétrahydro-10.5.6.7 triméthyl-1.3.7 isochromane-dicarboxylique-5.6. Le phényl-imide aura la configuration (VII).

(V) (VI) (VII)

Si l'on considère les substances (IV), (VI), (VII), on observera qu'elles renferment 6 atomes de carbone asymétriques, 1.3.5.6.7 et 10; il y aura donc 64 stéréoisomères, soit 32 racémiques (en admettant qu'ils existent). En partant du corps (III), qui n'a que deux atomes de carbone asymétriques, on en ajoute quatre d'un seul coup; chacun des deux racémiques primitifs en fournit donc 16 nouveaux. Si toutes ces combinaisons se réalisaient, on se trouverait devant un problème de séparation fort difficile. Heureusement la configuration déjà dissymétrique du point de départ semble orienter les configurations futures, de telle façon qu'une partie fort restreinte des possibilités se manifeste. Un exemple de ce genre a déjà été donné par Delépine et Willemart [4], lors de la transformation de l'acide époxy-2.6 heptène-3 carboxylique-3 ou diméthyl-2.6 dihydro-5.6 [1.4 pyran]-carboxylique-3 en dérivé hydroxybromé; il pourrait exister 4 dérivés de chaque acide actif; on n'en trouve qu'un.

Ici on a rencontré deux anhydrides racémiques sur les 16 possibles à

---

(4) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 313.

partir d'un oxycarbure supposé unique. Nous les appellerons *a* et *b* ainsi que les corps qui en découlent.

Anhydride a $C^{14}H^{18}O^{4}$ (IV). — La masse pâteuse obtenue par action directe des constituants est délayée dans un peu d'éther ordinaire mélangé d'éther de pétrole et essorée. Avec 6g,6 d'oxycarbure, on récolte 4g de cristaux qu'on purifie par cristallisation dans un mélange de 10 parties d'éther pour une de chloroforme. Par évaporation lente, on obtient de beaux prismes presque carrés portant 4 troncatures sur les arêtes de base, fus. à 107-108° (bloc), peu solubles dans l'éther, plus solubles dans le chloroforme et le benzène. Analyse : trouvé, C 67,0; H 7,4; calc. pour $C^{14}H^{18}O^{4}$, C 67,16; H 7,25.

Diacide a $C^{14}H^{20}O^{5}$ (VI). — L'anhydride précédent n'est pas attaqué par quelques instants d'ébullition avec l'eau, mais il se dissout peu à peu dans la soude 3N (30 minutes à 70°). La solution alcaline, traitée par l'acide chlorhydrique, donne plus que le poids de l'anhydride primitif en diacide; celui-ci, par évaporation lente de sa solution alcoolique, cristallise en prismes aplatis qui ne sont pas le diacide même, mais un monohydrate $C^{14}H^{20}O^{5} + OH^{2}$ (perte à 120-130°, sous vide, 6,4 % au lieu de 6,27 théorique). Ce monohydrate chauffé fond d'abord entre 125 et 130°, puis, après la perte de son eau, se solidifie pour ne fondre ensuite qu'à 222-223° (bloc). Son acidité, en présence de phénol-phtaléine jusqu'à teinte rouge, indique un poids moléculaire de 269, calculé en diacide, au lieu de 268.

Hydraté, il est un peu soluble dans l'eau à froid, plus à chaud; il est très soluble dans les alcools, l'acétate d'éthyle, peu soluble dans le benzène. Il l'est nettement moins dans l'alcool, s'il est anhydre. Chauffé au-dessus de son point de fusion, il perd de l'eau, mais on n'obtient que des traces d'anhydride (fus. à 106°), le reste se résinifiant.

Monoanilide de l'acide a $C^{20}H^{25}O^{4}N$. — L'anhydride étant dissous dans le benzène, on lui ajoute la quantité équimoléculaire d'aniline. Le benzène évaporé laisse une masse amorphe qu'on n'a pu faire cristalliser. On la purifie en la dissolvant dans la soude étendue et précipitant par l'acide chlorhydrique; il se dépose une poudre blanche, amorphe, se résinifiant vers 100°. C'est à la fois un anilide et un monoacide; on ne saurait dire auquel des carboxyles, 5 ou 6, appartient chacune de ces fonctions. L'analyse a donné : N 4,1 %; P. M. acidimétr. 343; théorie, N 4,09; P. M. 342.

Phénylimide de l'acide a $C^{20}H^{23}O^{3}$ (VII). — Si le monoanilide est amorphe, par contre son produit de déshydratation cristallise très bien. On l'obtient en chauffant le monoanilide à 135° pendant trois heures; on ajoute trois parties d'éther sur la résine formée; elle se transforme en une poudre cristalline qu'on reprend par 10 p. d'alcool chaud : le phénylimide forme des cristaux incolores, losangiques, très peu solubles dans l'éther, peu solubles dans le benzène et l'alcool froid, plus solubles dans l'alcool chaud. F 150-151°. Analyse : trouvé, C 74,2; H 7,4; N 4,25 au lieu de C 73,8; H 7,13 et N 4,30.

Anhydride b. — Les eaux mères de l'anhydride *a*, privées de l'éther et de l'éther de pétrole, laissent d'abord une huile qui devient mi-cristalline; en reprenant la masse avec très peu d'éther on obtient une poudre blanche légèrement résineuse. On la fait cristalliser dans le chloroforme qu'on additionne de ligroïne. Il se dépose de très fines aiguilles dont l'enchevêtrement provoque une véritable prise en masse, F 93-96°. Très solubles dans les solvants organiques.

L'anhydride *b* diffère passablement de l'isomère *a*; il s'hydrate très facilement en diacide au point qu'il s'en forme pendant son extraction; une solution dans l'éther humide abandonne du diacide et non de l'anhydride. Naturellement, cette hydratation a lieu plus vite si l'on passe par la soude diluée avec précipitation subséquente par l'acide chlorhydrique.

Diacide b $C^{14}H^{20}O^5$. — On le fait cristalliser dans un mélange d'alcool et d'eau. Il se sépare en cristaux microscopiques, incolores, fondant à 296-298° (bloc) en se sublimant dès 250°. Il est peu soluble dans l'éther et le benzène, un peu plus dans l'alcool et l'eau. Analyse : trouvé, C 62,5; H 8,0; théorie, C 62,64; H 7,5.

Sel d'aniline b $C^{20}H^{27}O^5N$. — En opérant comme pour l'anilide *a*, on obtient un corps résineux mal défini dont on n'a pas su faire l'imide sous l'influence de la chaleur. Si l'on opère à l'ébullition, on obtient après refroidissement prolongé quelques cristaux qu'on peut séparer en dissolvant le résidu de l'évaporation dans l'alcool et additionnant de ligroïne; peu à peu il se sépare de longues lamelles minces, incolores, fus. à 202-203° après recristallisation dans l'alcool. Elles correspondent à un sel acide d'aniline, soit $C^{12}H^{18}O(CO^2H)^2$, $NH^2.C^6H^5$ ou $C^{20}H^{27}O^5N$ d'après l'analyse. Trouvé, C 66,9; H 8,2, N 3,7 au lieu de C 66,91; H 7,53; N 3,87. L'anilide demanderait bien plus de carbone et d'azote.

Nous avons aussi exécuté la synthèse diénique à l'anhydride maléique sur l'homologue inférieur, l'éthyl-4 époxy-1'.7 heptadiène-1.3 ou diméthyl-2.6 vinyl-3 dihydro-5.6 (1.2 pyran); il semble ne se faire qu'un isomère, de sorte que l'on doit considérer le méthyle en 7 du tétrahydro-isochromane comme un facteur d'orientation, lors de la fixation de l'anhydride.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Corrrespondance :

1° *Annuaire de l'Académie d'Agriculture de France*, 1940.

2° J. Feytaud. *A propos de l'œuvre de* Mathieu Tillet, *lauréat de l'Académie de Bordeaux* (1714-1791).

3° J. Feytaud. *Sur le rôle des insectes dans la transmission des maladies des plantes. Un précurseur :* Mathieu Tillet (1714-1791).

4° Hermine et Sébastien Sabetay. *Les travaux récents d'analyse et de synthèse organiques et la chimie des parfums de* 1935 *à* 1938.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les points rationnels des variétés algébriques dont l'irrégularité est supérieure à la dimension.* Note de M. **Claude Chabauty**, présentée par M. Élie Cartan.

L'étude sur une courbe algébrique (C) de genre $g > 1$, des points rationnels, ou plus généralement des systèmes rationnels inéquivalents de h points, avec $h < g$, équivaut à celle des points rationnels sur certaines vraies sous-variétés algébriques de la *variété de Jacobi* (J) de (C), primitives sur (J), c'est-à-dire ayant même irrégularité que (J). On peut y employer la méthode que j'ai donnée dans ma Thèse [1] pour l'étude des points entiers sur les sous-variétés algébriques d'une variété de Dirichlet (D) : Norme $(x_1\omega_1 + \ldots + x_n\omega_n) = 1$, les ω_i étant une base des entiers d'un corps algébrique fini. Le rôle qu'y jouait le groupe abélien des transformations affines de (D) en elle-même est tenu ici par le groupe abélien des transformations birationnelles de première espèce de (J) en elle-même; aux paramètres logarithmiques locaux sur (D), correspondent les intégrales de Picard [2] locales sur (J) (intégrales abéliennes de première espèce sur C), toutes ces fonctions étant définies au point de vue de l'analyse p-adique. On peut de même étudier les vraies sous-variétés algébriques primitives des *variétés de Picard*, et, par là, plus généralement les *variétés algébriques dont l'irrégularité est supérieure à la dimension*, puisque, comme l'a montré Severi, toute variété algébrique admet une image rationnelle dans la variété de Picard (V) qui lui est attachée, image qui a même irrégularité que la variété initiale et qui est donc primitive dans (V).

Soit (V) une variété de Picard de dimension q, définie dans un espace projectif (X^n) de dimension finie n sur le corps H_p des nombres algébriques p-adiques, par des équations à coefficients algébriques. Nous pouvons supposer que par une transformation birationnelle préalable, (V) a été débarrassée de ses singularités et de ses sous-variétés rationnelles. Soit K une extension algébrique finie du corps K_0 des coefficients. Nous appellerons *point rationnel* de (V) un point à coordonnées dans K. Soit $K_p \subset H_p$ la fermeture p-adique de K. La restriction (V′) de (V) à ses points à coordonnées dans K_p est compacte pour la structure topologique uniforme

---

[1] *Annali di Matematica*, 4e série, **17**, 1938, p. 127-168.

[2] Il s'agira toujours ici d'intégrales de première espèce.

dont on munit (X'') de la façon habituelle à partir de la valeur absolue définie sur le corps des constantes.

On peut uniformiser un voisinage convenable (O) d'un point quelconque O de (V) par q paramètres p-adiques, $u_i = \int_0^A du_i$, où les du_i sont q différentielles de Picard de (V), linéairement indépendantes. L'ensemble $\mathcal{R}_0$ des points $(u_1, \ldots, u_q)$ de l'espace (U^q) des paramètres, correspondant aux points rationnels de (O), forme une *classe modulaire* de points avec $(u'_1, \ldots, u'_q ; u''_1, \ldots, u''_q ; u'''_1, \ldots, u'''_q)$; il contient $u'_1 \pm (u'''_1 - u''_1), \ldots, u'_q \pm (u'''_q - u''_q)$.

La dimension r de la plus petite variété linéaire (Λ) de (U^q) qui contient $\mathcal{R}_0$ est indépendante du choix de O [pourvu que (O) contienne au moins un point rationnel]. Nous appellerons r *le rang arithmétique de* (V) (sous-entendu pour le corps de rationalité K).

Si une variété algébrique $(W) \subset (V)$ de dimension s contient un ensemble infini $\mathcal{E}$ de points rationnels, au voisinage d'un point Ω adhérent à $\mathcal{E}$, la variété $\Lambda_\Omega = (O\Omega).\Lambda$ [$(O\Omega)$ désignant la transformation de première espèce de (W) qui fait passer de O à Ω] aura en commun avec (W) un élément de variété algébroïde de dimension $\geqq 1$, contenant un ensemble infini $\mathcal{E}' \subset \mathcal{E}$ adhérent à Ω. On déduit de là, comme dans ma Thèse, la possibilité de construire une variété algébrique $(\widehat{W}) \subset (V)$, de dimension $\leqq r + s - 1$, contenant toute la classe modulaire engendrée par un ensemble infini $\mathcal{E}'' \subset \mathcal{E}'$, et par conséquent le théorème suivant :

THÉORÈME. — *Soient* (V) *une variété de Picard de dimension q et de rang arithmétique r, et* (W) *une sous-variété algébrique de* (V), *de dimension s. Si* (W) *contient un ensemble infini* $\mathcal{E}$ *de points rationnels, il y a une variété de Picard* $(V^*) \subset (V)$, *de dimension* $\leqq r + s - 1$, *qui contient un sous-ensemble infini de* $\mathcal{E}$.

Disons que deux points d'une variété algébrique (W) sont *équivalents* quand ils correspondent aux mêmes valeurs des intégrales de Picard de (W). On démontre alors ce théorème : *Soit* (W) *une variété algébrique de dimension s d'irrégularité q; soit r le rang arithmétique de sa variété de Picard; supposons* $r \leqq q - s$, *alors* (W) *ne peut contenir un ensemble irréductible* ([3]) *de points rationnels. Si* (W) *contient un ensemble infini* $\mathcal{E}$ *de*

([3]) Un ensemble (nécessairement infini) de points sur une variété algébrique est dit *irréductible* sur cette variété, s'il n'est pas réunion finie d'ensembles situés sur de vraies sous-variétés algébriques de (W).

points rationnels inéquivalents, il y a une sous-variété algébrique (W^*) *de* (W) *contenant un sous-ensemble infini* $\mathcal{E}'$ *de* $\mathcal{E}$ *et sur laquelle sont constantes* $q-r-s+1$ *intégrales de Picard linéairement indépendantes sur* (W); *si les intégrales de Picard de* (W) *sont irréductibles*, (W) *ne peut contenir qu'un nombre fini de points rationnels inéquivalents.*

Signalons quelques cas particuliers.

Si une courbe algébrique (C) *de genre g et de rang réduit* [4] *r n'a pas d'intégrales abéliennes réductibles, il n'y a qu'un nombre fini de systèmes rationnels inéquivalents dans une série algébrique sur* (C) *de dimension* $\leqq g-r$. *Par exemple, il n'y a alors qu'un nombre fini de systèmes rationnels inéquivalents de* $h \leqq g-r$ *points de* (C).

Sur une courbe algébrique de rang réduit inférieur au genre, il n'y a qu'un nombre fini de points rationnels. (J'ai donné une démonstration directe de ce dernier résultat, basée sur les mêmes principes, dans ces *Comptes rendus*, séance du 26 mai 1941.)

TOPOLOGIE. — *Caractérisation topologique des arcs simples dans les espaces accessibles de M. Fréchet.* Note de M. **Ky Fan**, présentée par M. Élie Cartan.

I. Un ensemble de points d'un espace accessible [1] sera appelé *arc simple*, s'il est homéomorphe à un segment fermé de la droite euclidienne. Cette définition est exactement celle qu'on a adoptée habituellement dans le cas des espaces distanciés. Il y a toutefois des différences essentielles entre le cas des espaces distanciés et le cas beaucoup plus général des espaces accessibles. Par exemple, *un arc simple dans un espace accessible peut ne pas être un continu. Et, dans un tel espace, une image biunivoque et continue d'un segment fermé de la droite n'est pas nécessairement un arc simple.* Le but principal de cette Note est de caractériser les arcs simples parmi les ensembles appartenant à des espaces accessibles.

II. On peut d'abord démontrer :

Théorème 1. — *Soit* A *un espace accessible, connexe irréductible entre deux points* a_0, a_1 [2] *et localement connexe* [3]. A *peut être considéré comme*

---

[4] J'appelle *rang réduit* d'une courbe algébrique le rang arithmétique de sa jacobienne; il est majoré par le *rang* de la courbe au sens de Poincaré-Mordell-Weil.

[1] Cf. M. Fréchet, *Les Espaces abstraits*, Paris, 1928, p. 185.

[2] Cf. M. Hausdorff, *Mengenlehre*, 3e édition, 1935, p. 220.

[3] Cf. M. Hausdorff, *op. cit.*, p. 155.

un ensemble ordonné de manière que les trois conditions suivantes soient vérifiées : 1° a_0, a_1 *sont respectivement le premier et le dernier élément de cet ensemble ordonné.* 2° *Aucune coupure* [4] *de cet ensemble ordonné ne présente de saut* [4] *ni de lacune* [4]. 3° *Les ensembles* $A(\prec c)$ [5], $c(\neq a_0)$ *étant un point quelconque de* A, *forment une famille de voisinages du point* a_0, *équivalente à l'ancienne. Les ensembles* $A(\succ b)$, $b(\neq a_1)$ *étant un point quelconque de* A, *forment une famille de voisinages du point* a_1, *équivalente à l'ancienne. Pour tout point* x *de* A *tel que* $a_0 \neq x \neq a_1$, *les ensembles* $A(\succ b).A(\prec c)$, *tels que* $b \prec x \prec c$, *forment une famille de voisinages du point* x, *équivalente à l'ancienne.*

La réciproque du théorème 1 est le théorème suivant [6] :

Théorème 2. — *Étant donné un ensemble ordonné* A *possédant les deux propriétés* 1°, 2° *du théorème* 1, *si l'on associe à chaque point de* A *la famille de voisinages conformément à la condition* 3° *du théorème* 1, A *devient un espace complètement normal* [7], *qui est connexe irréductible entre* a_0, a_1 *et localement connexe* [8].

En employant notre théorème 1, on peut établir la caractérisation suivante :

Théorème 3. — *Pour qu'un ensemble d'un espace accessible soit un arc simple, il faut et il suffit qu'il soit séparable* [9], *connexe irréductible entre deux points et localement connexe.*

L'intérêt du théorème 3 consiste non seulement dans la généralité des espaces considérés, mais aussi dans ce fait que *nous n'avons pas fait intervenir la considération de compacité* [10]. De sorte que même dans le

---

[4] Cf. M. Sierpinski, *Leçons sur les nombres transfinis*, Paris, 1928, p. 143.

[5] Nous désignons par $A(\prec c)$ l'ensemble des points x de A tels que $x \prec c$.

[6] Je dois à M. H. Cartan l'idée de rechercher si cette réciproque était vraie.

[7] D'après un théorème dû à M. H. Tietze (*Math. Ann.*, **88**, 1923, p. 312).

[8] M. H. Cartan a eu l'obligeance de me communiquer le résultat suivant : Pour qu'un espace ordonné E (c'est-à-dire un ensemble ordonné E muni de la topologie déduite de la relation d'ordre) soit connexe, il faut et il suffit que l'ensemble ordonné E vérifie les deux conditions suivantes : 1° tout sous-ensemble borné supérieurement et non vide de E admet une borne supérieure; 2° entre deux points distincts de E il y en a au moins un troisième.

[9] Un ensemble A est séparable, s'il existe un sous-ensemble dénombrable dense dans A.

[10] La compacité a été souvent prise comme une partie de propriétés caractéristiques des arcs simples d'un espace distancié. Voir par exemple M. Hausdorff, *op. cit.*, p. 219-222.

cas très particulier des espaces distanciés, la caractérisation ci-dessus nous paraît encore nouvelle.

III. Dans un espace accessible, nous appellerons *rayon topologique* tout ensemble homéomorphe à une demi-droite euclidienne (comprenant le point initial). Nous dirons qu'un ensemble E est *monotone-connexe relatif à un point* a_0, si E est connexe et contient un point a_0 qui vérifie les deux conditions suivantes : 1° *Le sous-ensemble* $E-(a_0)$ *n'est pas vide. Pour tout point* $x \neq a_0$ *de* E, $E-(x)$ *cesse d'être connexe.* 2° *Quels que soient deux sous-ensembles connexes* B_0, C_0 *de* E, *qui contiennent* a_0, *l'une des inclusions* $B_0 \subset C_0$ *ou* $C_0 \subset B_0$ *a nécessairement lieu.*

Les trois théorèmes suivants sont respectivement analogues aux théorèmes 1, 2, 3 :

Théorème 4. — *Soit* E *un espace accessible, monotone-connexe relatif à un point* a_0 *et localement connexe.* E *peut être considéré comme un ensemble ordonné de manière que les trois conditions suivantes soient vérifiées :* 1° a_0 *est le premier élément de cet ensemble ordonné qui n'a pas de dernier élément.* 2° *Aucune coupure ne donne de saut ni de lacune.* 3° *Les ensembles* $E(\prec c)$, $c(\neq a_0)$ *étant un point quelconque de* E, *forment une famille de voisinages du point* a_0, *équivalente à l'ancienne. Pour tout point* $x \neq a_0$ *de* E, *les ensembles* $E(\succ b).E(\prec c)$ *tels que* $b \prec x \prec c$ *forment une famille de voisinages du point* x, *équivalente à l'ancienne.*

Théorème 5. — *Étant donné un ensemble ordonné* E *possédant les deux propriétés* 1°, 2° *du théorème* 4, *si l'on associe à chaque point de* E *la famille de voisinages suivant la condition* 3° *du théorème* 4, E *devient un espace complètement normal* (⁷), *qui est monotone-connexe relatif au point* a_0 *et localement connexe.*

Théorème 6. — *Pour qu'un ensemble d'un espace accessible soit un rayon topologique, il faut et il suffit qu'il soit séparable, monotone-connexe relatif à un point et localement connexe.*

ASTRONOMIE. — *Recherches sur la libration physique de la Lune d'après quarante clichés obtenus par P. Puiseux.* Note de Mme **Edmée Chandon**, présentée par M. Ernest Esclangon.

En adoptant les notations de Tisserand, la libration physique de la Lune en longitude se présente sous la forme [1]

$$(\mathrm{I}) \qquad \eta = Q\sin(mt\sqrt{3\gamma}+F) + 1151'\gamma\sin g - 11',15\,\frac{\gamma}{0.001865-\gamma}\sin g'.$$

[1] *Traité de Mécanique céleste*, 2, 1891, p. 454.

g et g' sont respectivement les anomalies moyennes de la Lune et du Soleil; $\gamma = (B - A)/C$, A, B, C désignant les moments d'inertie principaux relatifs au centre de gravité de la Lune; Q et F sont deux constantes arbitraires à déterminer par l'expérience. Le terme qui les contient exprime que la Lune se balance et oscille comme un pendule simple; la durée des oscillations est $2\pi/m\sqrt{3\gamma} = 1$ mois sidéral $/\sqrt{3\gamma}$.

Quand on donne à γ la valeur 281.10^{-7} que lui assigne la théorie dans l'hypothèse de l'homogénéité ([2]), cette durée est de 8,15 ans ([3]), et les coefficients de $\sin g$ et de $\sin g'$ sont de quelques secondes d'arc.

Ce sont précisément les résultats auxquels je suis parvenue, après étude de clichés lunaires obtenus par P. Puiseux, de 1894, à 1909 à l'Observatoire de Paris.

Jusqu'ici les séries d'observations visuelles, *trop courtes pour embrasser la période de* 8 *ans*, ont donné pour le coefficient du terme en $\sin g'$ et partant pour γ, des valeurs variées, toujours supérieures à celles que la théorie fait prévoir. De sa série de clichés lunaires, Puiseux a conclu des valeurs beaucoup plus grandes encore; en présence de résultats aussi divergents, il m'a paru utile de reprendre cette dernière étude, d'autant plus qu'elle comporte des mesures très précises, réparties sur 14 ans et demi.

En vérifiant, dans le Mémoire de Puiseux ([4]), les formules de changement de coordonnées, on remarque que, dans la deuxième formule du groupe (3), page 8, le second membre doit être changé de signe ([5]). Cette correction effectuée, on déduit, pour les librations optiques et expérimentales, des nombres différant sensiblement de ceux qu'avait obtenus l'auteur.

Le tableau ci-après donne, en regard des dates d'observation, les écarts : libration expérimentale, ou *Observée* — libration optique, ou *Calculée*.

Les $O - C$, plus grands que 3′ en valeur absolue, ont été placés entre crochets. Afin d'élucider ces anomalies, j'ai repris sur les clichés correspondants les mesures relatives à quelques-uns des cirques choisis, et retrouvé les coordonnées de Puiseux, à 0″,2 près, sans écart systématique. Ayant remarqué toutefois que ces cirques sont, en général, situés dans le voisinage du terminateur, circonstance assurément nuisible à une bonne définition du centre du cirque, j'ai fait choix d'un groupe de cinq objets, appartenant à la région centrale et au Catalogue de Saunder, faciles à identifier, et j'ai mesuré leurs coordonnées. Mais, comme il manque quelques clichés dans la collection que possède l'Observatoire, ce travail de révision n'a pu être accompli sur les clichés nos 8, 26, 27 et 36.

([2]) *Ibid.*, p. 475.

([3]) Cette remarque n'est pas formulée dans le Traité de Tisserand.

([4]) *Annales de l'Observatoire de Paris. Mémoires*, 32, 1925, p. 1.

([5]) Depuis lors, j'ai appris que M. Banachievicz avait également signalé le fait à M. B. Baillaud, directeur de l'Observatoire de Paris.

Numéro d'ordre et date du cliché.	O — C en longitude.	O — C en latitude.
1. 1894. Déc. 10...	1′,9	—0′,5
2. 1895. Mars 4...	—2,6	—2,1
3. Mars 5...	0,0	1,3
4. Sept. 9...	[—3,9]	[—4,3]
	—1,5	—0,4
5. 1896. Févr. 23...	1,0	1,2
6. Sept. 29...	—1,4	1,2
7. 1897. Avril 11...	—1,9	[—3,1]
8. 1898. Janv. 28...	[4,5]	0,7
9. Mars 30...	—1,2	—1,5
10. Avril 28...	0,4	—0,5
11. Sept. 2...	[7,6]	[3,9]
	[3,9]	—0,9
12. 1899. Févr. 16...	0,8	0,7
13. Mars 16...	2,8	1,1
14. Sept. 22...	[8,8]	2,3
	1,4	0,0
15. Nov. 14...	1,9	—0,2
16. 1900. Févr. 8...	1,1	0,3
17. Août 13...	0,7	—0,1
18. Sept. 13...	—0,1	—0,9
19. Oct. 12...	[6,1]	0,6
	2,6	1,1
20. 1901. Avril 25...	2′,6	—0′,1
21. Août 3...	1,7	0,6
22. 1902. Avril 13...	1,7	—0,3
23. Avril 17...	—0,9	—0,4
24. Août 27...	—0,7	0,8
25. Oct. 23...	—1,3	—1,4
26. 1903. Avril 3...	[—4,9]	0,1
27. Avril 5...	[—7,1]	[—3,7]
28. Sept. 12...	—0,2	—2,8
29. 1904. Févr. 23...	—1,2	—0,7
30. Avril 20...	—0,6	0,0
31. Sept. 3...	—0,3	—0,3
32. 1905. Avril 15...	[—6,5]	0,5
	—0,7	—2,0
33. Oct. 20...	—0,6	—0,1
34. 1906. Oct. 6...	1,1	—0,5
35. 1907. Mars 24...	1,9	0,0
36. 1908. Sept. 13...	[7,5]	—0,3
37. Sept. 14...	1,2	—0,5
38. 1909. Avril 27...	—0,2	—0,6
39. Avril 30...	1,5	—0,5
40. Mai 29...	0,8	—0,8

Les valeurs moyennes fournies pour les librations expérimentales par l'ensemble des cinq objets, et relatives aux clichés n°s 4, 11, 14, 19 et 32, ont donné de nouvelles différences $O - C$, inscrites au-dessous des nombres entre crochets, et adoptées dans la discussion.

En ne conservant que les résidus inférieurs à 3′, il en reste 35 en longitude et 38 en latitude. La moyenne algébrique de ces derniers est petite : — 0′,24; la somme de leurs carrés est 33. Aucune des représentations en fonction de divers éléments lunaires que j'ai essayées, n'a permis d'améliorer cette somme. Ce résultat est conforme à la théorie, qui ne fait pas prévoir de libration physique sensible en latitude.

Il n'en est pas de même pour la libration physique en longitude : les résidus se succèdent, à quelques exceptions près, par groupes alternativement positifs et négatifs, ce qui indique une oscillation de période assez longue. Ayant porté les dates en abscisses, les résidus en ordonnées, j'ai fait passer au mieux, à travers les points ainsi obtenus, une courbe dont

l'allure sinusoïdale ne paraît pas douteuse; elle coupe l'axe des temps aux époques 1898,3, 1902,2, 1906,2. La différence de 8 ans environ entre les dates extrêmes suggère l'idée qu'on se trouve en présence de la période du terme de libration arbitraire, *dans l'hypothèse de l'homogénéité*.

La méthode des moindres carrés, appliquée à l'ensemble des 35 équations analogues à l'équation (I), et mises sous la forme

$$\text{(II)} \qquad \eta = Q \sin F \cos \rho + Q \cos F \sin \rho + u \sin g + v \sin g',$$

où le premier membre est remplacé successivement par les 35 résidus en longitude, et où ρ augmente de 360° en 8,15 ans, a fourni les nombres suivants :

$$Q \sin F = 1',45, \qquad Q \cos F = 0',45, \qquad u = -0',3, \qquad v = 0',1.$$

La somme des carrés des 35 résidus du tableau est 70. Après introduction des valeurs précédentes dans le second membre de (II), la somme des carrés des nouveaux résidus se réduit à 40. Il y a donc un gain très appréciable.

La représentation de ces nouveaux résidus, en fonction de divers éléments lunaires, n'a donné aucune autre amélioration, ce qui permettrait de conclure que les observations de Puiseux paraissent confirmer la théorie de la libration physique de la Lune *dans l'hypothèse de l'homogénéité : libration* forcée *négligeable* et *libration* arbitraire ayant pour constantes

$$Q = 1',5, \qquad F = 72°,6.$$

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Méthodes d'enregistrement statistique des perturbations électromagnétiques*. Note de M. **Fernand Carbenay**, présentée par M. Camille Gutton.

Les méthodes couramment appliquées à l'enregistrement statistique des perturbations électromagnétiques sont basées sur l'accumulation des perturbations pendant une durée caractérisée par une constante de temps τ.

La méthode du condensateur consiste à redresser le courant de sortie du récepteur de perturbations et à charger, à travers une grande résistance R, un condensateur de capacité $\mathcal{C}$ par la différence de potentiel u proportionnelle au courant redressé.

En posant $\alpha = 1/\mathcal{C}R$, la différence de potentiel v aux bornes du condensateur est, avec un diélectrique parfait,

$$v = \alpha e^{-\alpha t} \int e^{\alpha t} u \, dt + P e^{-\alpha t}.$$

La seconde méthode est fondée sur la mesure de la vitesse de succession des perturbations dépassant un certain seuil. Le radiocinémographe est une illustration de ce procédé.

En désignant par n le nombre d'impulsions par unité de temps actionnant le relais, k le rapport de la vitesse y' de descente de la plume (en l'absence d'impulsions) à l'ordonnée y de la courbe, celle-ci est de la forme

$$y = a e^{-kt} \int e^{kt} n \, dt + \mathrm{P} \, e^{-kt}.$$

Une troisième méthode consisterait à appliquer la différence de potentiel u aux bornes d'une self-inductance $\mathcal{L}$ de volume suffisant. L'adjonction d'une réaction obtenue par tube électronique permettrait d'obtenir une constante de temps τ de valeur convenable.

La fonction

$$\Phi(t) = e^{-\alpha t} \int e^{\alpha t} f(t) \, dt \qquad \left(\alpha = \frac{1}{\tau}\right)$$

joue donc un rôle fondamental dans l'étude des perturbations.

La structure des perturbations est étudiée avec une constante de temps aussi petite que possible par rapport à la durée de la perturbation la plus brève.

En supposant que $f(t)$ admet n dérivées successives,

$$\Phi(t) = \frac{1}{\alpha} f(t) - \frac{1}{\alpha^2} f'(t) + \ldots - \frac{1}{(-\alpha)^n} f^{(n-1)}(t) + \frac{e^{-\alpha t}}{(-\alpha)^n} \int e^{\alpha t} f^{(n)}(t) \, dt.$$

Si la constante de temps τ tend vers zéro, $\Phi(t)$ tend vers zéro, mais $\alpha\Phi(t)$ (méthode du condensateur) tend vers $f(t)$. La limite est d'ailleurs valable quelle que soit $f(t)$.

Les enregistrements statistiques sont effectués avec une constante de temps suffisamment grande, non seulement par rapport à la durée de la plus longue des perturbations, mais aussi par rapport à l'intervalle moyen séparant celles-ci.

Sans faire d'hypothèse sur $f(t)$,

$$\Phi(t) = \int f(t) \, dt - \alpha \iint f(t) \, dt^2 + \ldots + (-\alpha)^m e^{-\alpha t} \int e^{\alpha t} \, dt \int^{(m)} \cdots \int f(t) \, dt^m.$$

Si la constante de temps augmente indéfiniment, $\Phi(t)$ tend vers $\int f(t) \, dt$.

Méthode d'enregistrement statistique à constantes de temps multiples. —

Nous nous sommes proposé de réaliser des enregistreurs statistiques de phénomènes représentés par une fonction $f(t)$, à l'aide d'appareils électromagnétiques ou électrométriques tels que l'équation différentielle du mouvement de l'équipage mobile admette l'intégrale particulière

$$\Phi(t) = e^{-\frac{t}{\tau}} \int e^{\frac{t}{\tau}} f(t)\, dt,$$

et des intégrales du mouvement libre comprenant, en plus du terme $\mathrm{P}e^{rt}$, un ou plusieurs termes $\mathrm{M}e^{st}$ caractérisant la forme des perturbations; $-r$ est l'inverse d'une grande constante de temps τ (constante de temps principale), et $-s$ est l'inverse d'une petite constante de temps τ_s (constante de temps secondaire).

L'équipage mobile de l'enregistreur est soumis à un couple (ou à une force) actif $\mathrm{F}(t)$

$$\mathrm{B}_n \frac{d^n\theta}{dt^n} + \mathrm{B}_{n-1} \frac{d^{n-1}\theta}{dt^{n-1}} + \ldots + \mathrm{B}_1 \frac{d\theta}{dt} + \mathrm{B}_0\theta = \mathrm{F}(t),$$

en déterminant $\mathrm{F}(t)$ pour que cette équation du mouvement admette comme intégrale particulière

$$\theta = \Phi(t).$$

Il faut et il suffit que $\mathrm{F}(t)$ soit une certaine somme de termes en $\Phi(t)$, $f(t)$ et ses dérivées successives jusqu'à l'ordre $(n-1)$:

$$\begin{aligned}
\mathrm{F}(t) = & \ [\mathrm{B}_n(-\alpha)^n + \mathrm{B}_{n-1}(-\alpha)^{n-1} \ldots - \mathrm{B}_3\alpha^3 + \mathrm{B}_2\alpha^2 - \mathrm{B}_1\alpha + \mathrm{B}_0]\Phi(t) \\
& + [\mathrm{B}_n(-\alpha)^{n-1} + \mathrm{B}_{n-1}(-\alpha)^{n-2} \ldots + \mathrm{B}_3\alpha^2 - \mathrm{B}_2\alpha + \mathrm{B}_1]f(t) \\
& + [\mathrm{B}_n(-\alpha)^{n-1} + \mathrm{B}_{n-1}(-\alpha)^{n-3} \ldots - \mathrm{B}_3\alpha + \mathrm{B}_2]f'(t) \\
& \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
& + [-\mathrm{B}_n\alpha^3 + \mathrm{B}_{n-1}\alpha^2 - \mathrm{B}_{n-2}\alpha + \mathrm{B}_{n-3}]f^{(n-4)}(t) \\
& + [\mathrm{B}_n\alpha^2 - \mathrm{B}_{n-1}\alpha + \mathrm{B}_{n-2}]f^{(n-3)}(t) \\
& + [-\mathrm{B}_n\alpha + \mathrm{B}_{n-1}]f^{(n-2)}(t) \\
& + \mathrm{B}_n f^{(n-1)}(t).
\end{aligned}$$

Si, de plus, les paramètres de l'équipage mobile sont reliés à la constante de temps principale $\tau = 1/\alpha$ par une relation telle que $(-\alpha)$ soit racine de l'équation caractéristique, le coefficient de $\Phi(t)$ est nul et $\mathrm{F}(t)$ se réduit à une somme de termes proportionnels à $f(t)$ et à ses dérivées successives jusqu'à l'ordre $(n-1)$.

L'élimination de $\Phi(t)$ dans l'expression de $\mathrm{F}(t)$ permet de constituer

physiquement cette fonction par des dérivations successives à l'aide de mutuelles inductances, de résistances et de condensateurs associés à des tubes électroniques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Application à la série cyclique de la méthode de réduction d'un mélange de deux cétones.* Note de M. **Joseph Wiemann**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai montré [1] que la réduction d'un mélange de deux cétones R^1COR^2 et R^3COR^4 donne de préférence le glycol mixte $R^1R^2C(OH)-C(OH)R^3R^4$.

Cette méthode de synthèse a été appliquée à la série cyclique; ici les vitesses de réduction sont généralement fort différentes, les cyclanones se réduisant lentement par le sodium; mais j'ai toujours constaté que le glycol mixte est plus abondant que le pinacol provenant de la cétone se réduisant le plus lentement; par exemple, un mélange équimoléculaire de méthyl-éthyl-cétone et de cyclohexanone donne 14 parties de

$$C^2H^5(CH^3)C(OH)-C(OH)(CH^3)C^2H^5,$$

2 parties de $C^6H^{10}(OH)-C^6H^{10}(OH)$ et 6 parties du glycol mixte $C^2H^5(CH^3)C(OH)-C^6H^{10}(OH)$ environ.

La réduction de mélanges convenablement choisis m'a permis de reproduire aisément quelques pinacols cycliques obtenus habituellement par action des magnésiens sur les esters cyclanol (1)-carboxylique; ainsi la cyclohexanone et l'acétone donnent l'isopropylol (1)-cyclohexanol (1) $C^9H^{18}O^2$. $Éb_{11}$ 115°, F 83° (corrigé); le glycol obtenu par action de l'iodure de méthyl-magnésium sur l'ester méthylique de l'acide cyclohexanol (1)-carboxylique fond à 83° [2]. La cyclopentanone et l'acétone donnent l'isopropylol (1)-cyclopentanol $C^8H^{16}O^2$, $Éb_{12}$ 110°, F 65°; la synthèse habituelle donne le corps de constantes $Éb_{15}$ 105°-110°, F 62° [3].

Mais la méthode appliquée ici permet d'obtenir des glycols plus dissymétriques, qui ne pouvaient être faits antérieurement; ainsi la méthyl-éthyl-cétone et la cyclohexanone donnent le glycol $C^{10}H^{20}O^2$ ou

$\langle\ \rangle$COH — COH$(CH^3)C^2H^5$, $Éb_{12}$ 130°, F 56°; fraîchement distillé,

(1) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 764.

(2) Tarbouriech, *Comptes rendus*, **149**, 1909, p. 605.

(3) Meerwein, Unkel, *Liebig's Annalen*, 376, 1910, p. 158.

il reste assez facilement en surfusion et a alors les constantes $n_D^{15} = 1,492$, $D_4^{15} = 1,014$, d'où R M = 49,22 pour R M théorique = 49,23.

On sait que ces glycols, par déshydratation acide, peuvent conduire par extension de cycle à une cétone ayant un carbone de plus dans le cycle; comme celle-ci, par ma méthode, peut donner un glycol analogue, il semble exister là un moyen d'obtention des cétones cycliques à nombre élevé de carbones dans le cycle; malheureusement, le rendement en pinacol mixte n'est que de l'ordre de 5 à 10 % pour un mélange équimoléculaire des cétones de départ; cependant la cétone cyclique se retrouve dans la proportion de 80 %, il y a formation de 10 % d'alcool cyclique seulement; comme ce dernier, par oxydation, redonne la cétone de départ, on voit que plusieurs opérations fourniront un rendement convenable.

J'ai appliqué aussi cette réduction par le sodium à des mélanges contenant du camphre, ce qui m'a donné des pinacols mixtes avec un rendement supérieur à celui obtenu en série cyclanique. Voici les constantes des corps obtenus :

Camphre et acétone $C^{10}H^{16}(OH)C(OH)(CH^3)^2$ ou $C^{13}H^{24}O^2$; Éb$_{19}$ 156°; n_D^9 1,507; D_4^9 1,0477, d'où RM. 60,21 pour RM$_{\text{théorique}}$ 60,88.

Camphre et diéthylcétone $C^{10}H^{16}(OH)C(OH)(C^2H^5)^2$ ou $C^{15}H^{28}O^2$; Éb$_{10}$ 163°; n_D^{19} 1,5012; D_4^{19} 1,023, d'où RM. 69,2 pour RM$_{\text{théorique}}$ 70,1;

ce glycol cristallise à froid et fond mal de 14° à 17°. Pour ces derniers composés nous nous trouvons sans doute en présence de mélanges stéréoisomères; une étude plus approfondie est en cours.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Augmentation de cycle dans la série des cyclohexanes substitués. Influence de la substitution méthylée en ortho et en méta sur le sens de la rupture du cycle.* Note (¹) de Mlle **Bianca Tchoubar**, présentée par M. Marc Tiffeneau.

Nous avons montré (²) que la méthode la plus générale permettant de réaliser une augmentation de cycle dans la série du méthylène-cyclohexane

(¹) Séance du 9 juin 1941.
(²) B. Tchoubar, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 195.

consiste à recourir à la désamination nitreuse des aminoalcools répondant à la formule $>C(OH)CH^2NH^2$, ces derniers pouvant très aisément être obtenus par une réduction catalytique ménagée des cyanhydrines de cyclanones. On sait, en effet, que la désamination nitreuse de ces aminoalcools comporte le passage par une structure intermédiaire dont l'isomérisation en cétone implique la rupture du cycle carboné avec passage au cycle supérieur.

Dans les deux cas les plus simples précédemment étudiés par nous, cette réaction avait permis de réaliser le passage des cycles en C^5 et en C^6 aux cycles en C^6 et en C^7 sans avoir à se préoccuper du sens dans lequel s'était produite la rupture du cycle carboné, puisque ces cycles ne comportaient pas de substitution impliquant une influence dissymétrique. Il y avait donc lieu d'étudier la même réaction en partant des aminoalcools dérivés des homologues du méthylène cyclohexane, dans lesquels un radical tel qu'un méthyle se trouvait substitué dans chacune des trois positions ortho, méta et para.

En ce qui concerne cette dernière position qui est symétrique, il était certain qu'elle ne pouvait conduire qu'à une seule cyclanone, la méthylcycloheptanone-1.4 (VI).

Quant aux deux autres positions, il est évident que, si la rupture du cycle s'effectuait pour chacune d'elles dans les deux sens possibles, on pouvait prévoir la formation de deux cétones, les méthylcycloheptanones-1.2 et 1.3 (IV et V) pour le dérivé ortho et les isomères 1.3 et 1.4 (V) et (VI) pour le dérivé méta. On pouvait même prévoir que, dans ce dernier cas, dont l'influence dissymétrique paraît faible, les deux cétones se formeraient en quantités à peu près égales, alors que, dans le cas du dérivé méthylé en ortho, dont la dissymétrie est très marquée, la rupture du cycle aurait lieu surtout au voisinage du carbone substitué par le méthyle.

L'expérience a entièrement confirmé nos prévisions et, par surcroît, elle nous a permis de réaliser en partie l'identification des produits obtenus par nous. La désamination nitreuse de l'aminométhyl-1 méthyl-3 cyclohexanol-1 [forme intermédiaire (II)] nous a en effet fourni deux méthylcycloheptanones, dont l'une, 1.4 (VI), est identique à celle obtenue par désamination du dérivé para alors que l'autre, 1.3 (V), se montre identique à celle formée en quantité prépondérante dans la désamination du dérivé ortho (I). Quant à la méthylcycloheptanone-1.2 (IV), qui ne se forme qu'en très petites quantités au cours de cette dernière réaction, nous

l'avons identifiée avec le produit résultant de la méthylation directe de la cycloheptanone.

(I) cyclohexane : CH^2, $CH-CH^3$, $>C-CH^2$ (b, a), CH^2, CH^2, CH^2 ; —O— → (a) → (IV) $CH^2<(CH^2-CH(CH^3)-CO)(CH^2-CH^2-CH^2)$; (I) → (b) → (V)

(II) CH^3-CH, CH^2, CH^2, $>C-CH^2$ (d, c), CH^2, CH^2 ; —O— → (c) → (V) $CH^2<(CH(CH^3)-CH^2-CO)(CH^2-CH^2-CH^2)$; (II) → (d) → (VI)

(III) $(CH^3)\,CH$, CH^2, CH^2, $>C-CH^2$, CH^2, CH^2 ; —O— → (VI) $(CH^3)CH<(CH^2-CH^2-CH^2)(CH^2-CH^2-CO)$

1° *Dérivé ortho, méthyl-1 aminométhyl-2 cyclohexanol-2.* — Cet aminoalcool (F 50°, Éb$_{15}$ 104-105°) a été obtenu par hydrogénation ménagée de la cyanhydrine de l'orthométhylcyclohexanone (Éb$_{15-16}$ 126°; n_D^{16} 1,467). Sa désamination nitreuse fournit la métaméthylcycloheptanone (V) (semicarbazone F 185°) accompagnée d'une faible quantité de l'ortho (IV). On sépare ces deux cétones par cristallisation fractionnée de leurs semicarbazones dans l'alcool. La semicarbazone (F 132°) de la cétone ortho (IV) a été identifiée avec celle que l'on obtient en méthylant la cycloheptanone d'après Godchot ([3]). L'autre semicarbazone (F 185°) a été identifiée avec l'une de celles que l'on a obtenues dans la désamination ci-après du dérivé méta.

2° *Dérivé méta, méthyl-1 aminométhyl-3 cyclohexanol-3.* — L'hydrogénation catalytique de la cyanhydrine de la méta-méthylcyclohexanone (Éb$_{18}$ 131-132°; n_D^{16} 1,461) fournit cet aminoalcool (F 50°, Éb$_{18}$ 112-113°) qu'on soumet à la désamination nitreuse. On obtient un mélange de cétones qu'on sépare par cristallisation de leurs semicarbazones : l'une (V)

(3) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 794. Le point de fusion obtenu par nous concorde avec celui donné par Wallach (F 129-131°), ce qui montre que la cétone de Godchot (semicarbazone F 117-118°) était probablement impure.

(F 185°) est identique à celle de la métaméthylcycloheptanone obtenue dans le précédent alinéa; l'autre (VI) (F 157-158°) a été identifiée avec celle de la paraméthylcycloheptanone provenant de la réaction décrite ci-après.

3° *Dérivé para, méthyl-1 aminométhyl-4 cyclohexanol-4.* — Cet amino-alcool (III) ($Éb_{30}$ 128°) résulte de l'hydrogénation catalytique de la cyanhydrine de la paraméthylcyclohexanone ($Éb_{18}$ 136°; n_D^{18} 1,46). Sa désamination nitreuse fournit un produit unique, la paraméthylcycloheptanone (VI), dont la semicarbazone fond à 157-158°.

GÉOLOGIE. — *Indices d'une ligne de* Schaarung *en Champagne.* Note de M. **Paul Jodot**, présentée par M. Lucien Cayeux.

Après avoir reconnu en Champagne les particularités des ondulations au sud de l'anticlinal de Gamaches ([1]), j'examinerai la tectonique de la région comprise au nord de cet axe, entre les synclinaux de la Vesle et de l'Aisne, dédoublés du synclinal de la Somme à partir de Soissons. On n'y a jamais signalé, leur relief étant peu apparent, deux rides anticlinales secondaires et sans doute un dôme isolé. Ces plissements ne commencent à se dessiner, modestement il est vrai, que dans le Crétacé; car, en limite de la Champagne crayeuse, les amorces de ces ondulations ne se manifestent pas de façon évidente dans le Tertiaire du Soissonnais oriental; à moins que, par hypothèse, il ne faille considérer comme des indices d'anticlinaux la forme des plateaux étroits et allongés en crêtes, parmi lesquels se rangeraient : la crête du Chemin-des-Dames au nord de l'Aisne; au sud de cette rivière, le long plateau de Blanzy-les-Fismes à Cauroy-les-Hermonville, ou celui de Romain à Saint-Thierry, accolé au précédent dès son origine.

Directement au nord de l'anticlinal de Gamaches se trouvent les ondulations suivantes :

1° Tout d'abord, le synclinal de la Vesle ([2]) emprunte la vallée de cette rivière depuis la fosse de Soissons. La craie à *Belemnitella*, de part et d'autre de la rivière, à Châlons-sur-Vesle et à Muizon, ne dépasse pas 85^{m} d'altitude au point bas du synclinal. Après Reims, l'axe quitte la

---

([1]) Paul Jodot, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 865.

([2]) Georges Corroy, *Thèse*, 1925, p. 321, pl. XI.

vallée marécageuse à Thuizy pour se diriger par Saint-Hilaire-le-Grand vers Massiges etc.

2° Une première ride peu accentuée, nommée anticlinal secondaire de Nogent-l'Abbesse, n'est guère sensible avant Saint-Thierry. Au nord-est de ce village, le Campanien monte vers 109^m, tandis que, plus au Nord, il atteint 105^m à Thil ou au bois de Chauffour et 90^m à Villers-Franqueux. Après avoir traversé le canal de l'Aisne aux Cavaliers-de-Courcy, l'anticlinal porte au Linguet, le banc à *Echinocorys vulgaris* var. *striata* à la côte 130^m (la même couche s'abaisse à Reims dans le synclinal à 110^m). Ensuite le pli coupe le Mont-de-Berru couronné de meulières de Brie; il fait remonter la craie campanienne vers 210^m à Nogent-l'Abbesse; enfin, par la craie à *Actinocamax quadratus*, qui surmonte à Nauroy la cote 140^m jusqu'à Moronvilliers, où elle s'élève au-dessus de 160^m d'altitude, l'axe atteint le Mont-Haut (257^m), coiffé d'un banc de meulières sannoisiennes ([3]) en position anticlinale ([4]).

3° Une seconde ride anticlinale, plus atténuée que la première, manifeste timidement sa présence à Cauroy-les-Hermonville où le contact de la craie blanche avec le Thanétien ne semble pas dépasser 95^m d'altitude, c'est-à-dire à peine 5^m plus haut qu'à Villers-Franqueux. De là, il est plausible que l'ondulation gagne la butte de Brimont, avant de s'acheminer vers le haut-fond de Bazancourt ([5]), dans la vallée de la Suippe.

4° Entre Brimont et la vallée de l'Aisne, plusieurs lambeaux de Thanétien, assis sur le Campanien, forment des buttes isolées : Mont-Spin, buttes 91 et 108; parmi lesquelles le Mont-Spin pourrait représenter un petit dôme.

5° On arrive au synclinal de l'Aisne qui continue le synclinal de la Somme. Il suit la vallée depuis Soissons par Vailly, Concevreux, Neufchatel; ensuite il paraît s'infléchir légèrement vers le Nord-Est en direction de Rethel.

6° Au nord de la rivière d'Aisne, on sera peut-être amené à considérer la butte thanétienne de Prouvais, reposant sur la craie campanienne, comme un dôme ayant la possibilité de s'allonger vers l'Occident jusqu'au village de Juvincourt-et-Damery, établi sur un haut-fond crayeux ([5]), entre les marécages du ruisseau de la Miette.

([3]) Jules Laurent et Paul Lemoine, *Bull. Soc. Géol. France*, (4), 1912, p. 633.

([4]) Paul Jodot, *C. R. somm. Soc. Géol. France*, 31 mars 1941, p. 34-35.

([5]) Paul Jodot *Carte des sols .... Région de Soissons-Laon-Reims*, 1/80000e, *G.C.T.A.*, 19 janvier 1919.

L'allure régulière et le faible relief des petites ondulations précédentes s'opposent aux brusques rebroussements en V des anticlinaux beaucoup plus importants, échelonnés au sud de Reims. Tandis que ces rebroussements jalonnent un axe transversal perpendiculaire ([1]) connu de Sézanne à Germaine, par les buttes de Chalmont et de Toulon-la-Montagne, le point 255 près de Villers-aux-Bois et la ferme Batreau au sud d'Avenay, rien, dans la tectonique au nord de Reims, ne porte à croire que cet axe se continue au delà de la Vesle; dans ces conditions, l'ultime manifestation tectonique de ce pli orthogonal doit vraissemblablement se confondre dans la ville de Reims avec les failles subméridiennes de Dieu-Lumière, puisque ces dernières sont situées dans le prolongement de la ligne axée; d'autant plus que ces failles, comblées de grève crayeuse, de matières terreuses et de sables tertiaires, peuvent fort bien être contemporaines des plissements posthumes.

D'un autre côté, rappelons que la forme du golfe de l'assise thanétienne à *Pholadomya Konincki*, ainsi que l'incurvation vers le nord-nord-ouest de la crête des anomalies régionales magnétiques en relation avec la *Géologie profonde* ([6]) laissent supposer l'existence probable d'un accident tectonique dans la région nord-ouest de Reims : cet accident ne correspondrait-il pas à la ligne axée des points hauts campaniens, formée par les buttes-témoins du Mont-de-Berru, de la butte de Brimont et du Mont-Spin ? La conjonction de ce dernier axe perpendiculaire avec l'axe des rebroussements, également orthogonal, de Sézanne à Germaine prolongé jusqu'aux failles de Reims, déterminerait ainsi une ligne de *Schaarung*.

GÉOLOGIE. — *Recherches expérimentales sur la sédimentation phosphatée en milieu marin*. Note de M. **André Rivière**, présentée par M. Lucien Cayeux.

La putréfaction des matières organiques en milieu marin aérobie finit par libérer le phosphore organique sous forme de phosphate d'ammoniaque, et l'on a pu vérifier que celui-ci, dans certaines conditions, précipite, sous forme de biphosphate de Ca et de phosphate ammoniaco-magnésien, une partie importante du calcium et du magnésium en solution, en même temps que se déposent des carbonates ([1]). La précipitation ne se

([6]) Paul Jodot, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 931.

([1]) Murray and Irvine, *Proc. Roy. Soc. Edinburgh*, 17, 1891, p. 104.

produit qu'avec des solutions assez concentrées, et j'ai pu vérifier (avec une solution moléculaire de phosphate d'ammoniaque) qu'elle s'accompagne d'un abaissement du pH allant jusque vers 6 (par libération des acides liés à Ca et Mg). Au début de la réaction, le précipité est riche en Mg (6^{mg} Mg pour 2^{mg} Ca dans une analyse), par suite de la formation du phosphate ammoniaco-magnésien en cristaux reconnaissables au microscope. D'expériences en cours, il semble résulter que ce dernier sel a tendance à donner, en présence de CO^3Ca, des phospho-carbonates, en équilibre avec des bi- et monophosphates dissous, dont la proportion dépend du pH; la précipitation est presque complète pour une alcalinité normale (pH 8 environ) de l'eau de mer (il ne reste alors que quelques grammes de P^2O^5 par mètre cube dans le liquide). J'ai d'ailleurs montré ([2]) que la solubilité du phosphate tricalcique est également sous la dépendance du pH (donc de la quantité de CO^2 en solution) et se fait surtout sous forme de phosphate bicalcique, qui apparaît ainsi comme la forme mobile par excellence du phosphore d'origine minérale ou organique, et les problèmes de la sédimentation phosphatée sont de ce fait liés aux équilibres de ce sel en milieu marin. J'ai entrepris de les étudier dans les conditions ordinaires de température et de pression :

1° De l'eau de mer (réserve alcaline 2,6; pH 7,7; $t = 15°$) fut agitée pendant plusieurs heures avec un excès de phosphate bicalcique, puis filtrée : *a*. passant à 3,6, la réserve alcaline s'accrut de 1 valence-gramme, le pH s'abaissant à 7,4; *b*. primitivement négligeable (moins de 100^{mg} par mètre cube), la quantité de P^2O^5 en solution était passée à 93^{g}, soit 1,3 mol-g d'acide phosphorique par mètre cube. La discussion de ces résultats montre la substitution du phosphate bicalcique à une grande partie des bicarbonates de l'eau de mer, ceux-ci se fixant (peut-être à l'état de phospho-carbonates?) sur le PO^4HCa en excès, tandis que l'acide carbonique, mis en liberté par la dissociation des bicarbonates, provoque l'abaissement du pH. A l'état normal, les eaux marines sont donc loin d'être saturées en phosphate dicalcique, et aucune précipitation de ce sel ne peut se faire à moins d'une concentration d'origine biologique ou physicochimique correspondant à plus de mille fois les teneurs habituelles de l'eau de mer.

2° L'expérience précédente fut poursuivie en milieu acidifié par barbotage de CO^2 (normalement dégagé dans la nature par la putréfaction des

---

([2]) A. Rivière, *C. R. somm. Soc. Géol. France*, séance du 19 mai 1941.

matières organiques). Au bout d'une dizaine d'heures, le pH s'était abaissé vers 5,8 ($t=15°,5$), la réserve alcaline s'élevant à 8,4 et la teneur en phosphate à 375^g de P^2O^5, soit 5,2 mol-g par mètre cube. La teneur en phosphates de la solution s'est donc considérablement accrue, et la discussion des résultats numériques indique la présence d'une certaine proportion de monophosphates. L'abaissement du pH au voisinage de certains fonds ou dans l'eau d'imprégnation des sédiments, conséquence normale de l'activité biologique qui s'y exerce, augmente donc la solubilité des phosphates, ne permettant leur dépôt qu'à des concentrations très élevées.

3° Une partie de la solution ainsi enrichie fut filtrée et soumise à un barbotage prolongé d'air privé de CO^2, de manière à chasser le gaz carbonique dissous. Il se fit un abondant précipité, constitué par un mélange de biphosphate de Ca et Mg (3,4 Ca pour 1,9 Mg) et d'une très petite quantité de carbonate (probablement à l'état de phosphocarbonate). Le filtrat avait un pH de 7,2 ($t=15°$), une réserve alcaline de 3,8 (1,9 mol-g de sels de cathions bivalents) et une teneur en P^2O^5 de 192^g, soit 2,7 mol-g d'acide phosphorique par mètre cube. Dans une autre expérience, la teneur en P^2O^5 descendit jusque vers 135^g par mètre cube avec un pH voisin de 7,15. La remontée du pH dans les solutions surphosphatées qui peuvent se constituer au voisinage des fonds peut donc entraîner une abondante précipitation de biphosphates, susceptibles de se transformer ultérieurement, au cours de la diagénèse, en phosphate tricalcique.

4° Une autre fraction de la solution (2) fut, après filtration, laissée en contact avec un excès de CO^3Ca précipité. En vase clos, on observa d'abord une élévation de la réserve alcaline, passant dans une expérience à 11,6 (par enrichissement de la solution en bicarbonate de Ca) et un relèvement du pH jusque vers 6,2 ($t=13°$), sans variation sensible de la quantité d'acide phosphorique. Le gaz carbonique fut alors éliminé par barbotage d'air privé de CO^2. Après filtration, la solution présentait un pH de 7,32 ($t=13°$), une réserve alcaline de 2,8 et une teneur en P^2O^5 de 111^g par mètre cube (1,5 mol-g de PO^4H^3) qui, exprimée en biphosphate de chaux, correspond précisément (aux erreurs d'expérience près) à la réserve alcaline, celle-ci ne comportant plus ni bicarbonates, ni phosphate monocalcique. La discussion des résultats montre que la solution a perdu 1,2 mol-g de $(CO^3H)^2Ca$ et 3,7 mol-g de PO^4HCa, précipités et fixés sur le carbonate de chaux en excès, sans doute à l'état de phosphocarbonate tricalcique dont ce sont à peu près les proportions moléculaires (dahllite). Il est probable que, dans ces réactions, une faible proportion

du magnésium de l'eau de mer peut accompagner le calcium, mais je n'ai pu encore le préciser. La migration des solutions surphosphatées précédemment étudiées au contact de sédiments carbonatés préexistants amènera donc leur phosphatisation par enrichissement en phosphate tricalcique, sous la seule réserve d'une remontée du pH que l'assimilation chlorophyllienne des algues ou la simple agitation suffisent à provoquer. Le phénomène pouvant se produire à des concentrations plus faibles que la précipitation directe a probablement été beaucoup plus fréquent.

Les résultats exposés ici ne sont strictement valables que dans les conditions de température et de pression de chaque expérience et les valeurs numériques données sont susceptibles d'une certaine variation sans que change l'aspect qualitatif des phénomènes. Thermodynamiquement, les variations de pression semblent avoir peu d'influence, tandis que l'élévation de la température, en diminuant la solubilité du gaz carbonique, favorise les phénomènes de précipitation.

HYDROLOGIE. — *Les pentes du Niger entre Tondifarma et Diré.* Note (1) de M. **Vladimir Frolow**.

Entre le seuil de Tondifarma et Diré, le cours du Niger est caractérisé par l'épandage général de la crue à travers un lacis de marigots; par l'existence des lacs périphériques [Horo, Fati, et autres de moindre importance dont le régime hydraulique a été décrit ailleurs (2)] et par la réunion de deux bras principaux, l'Issa Ber et le Bara Issa, vers le quart aval du parcours considéré.

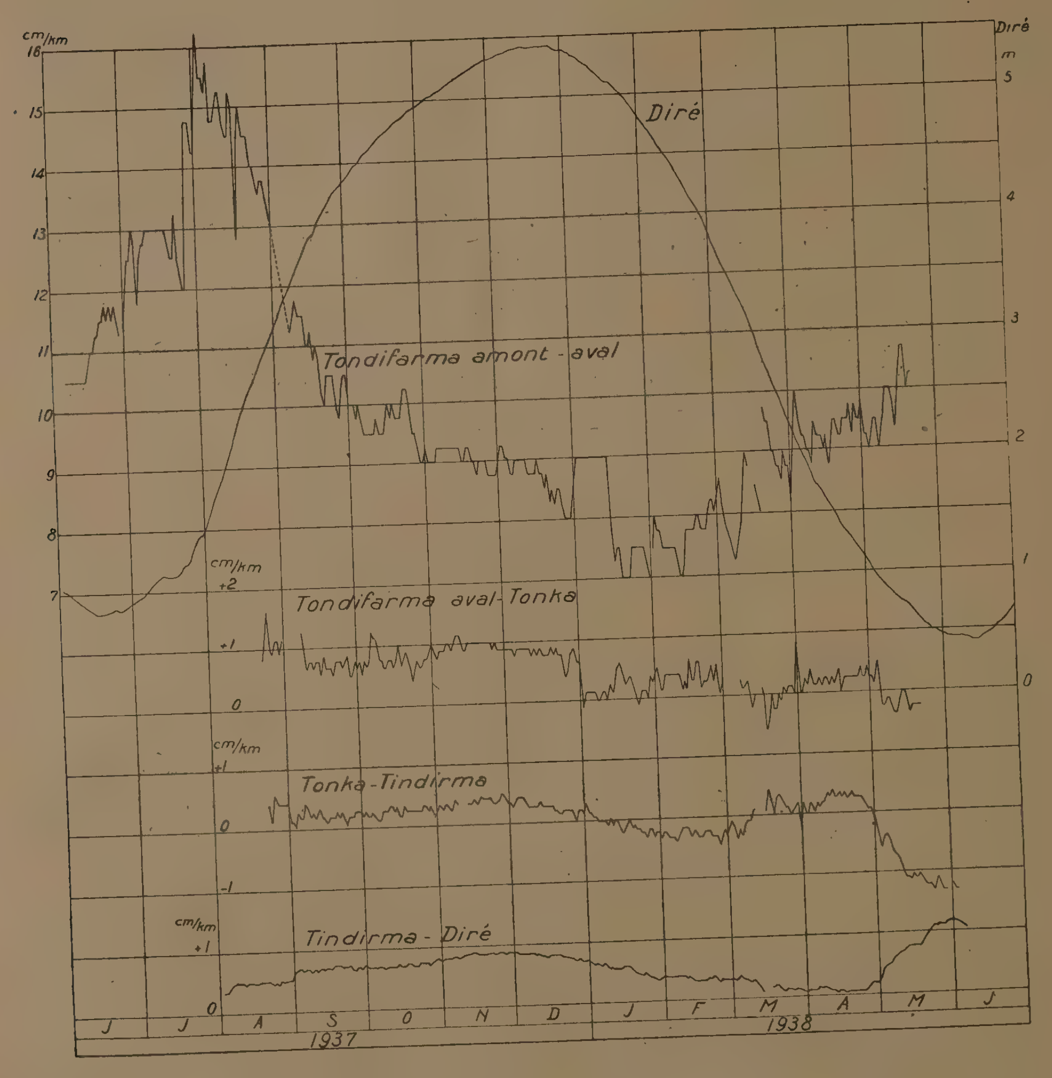
L'étude de la pente superficielle du fleuve est faite en utilisant les observations d'échelles ayant fonctionné en 1937 et 1938, qui sont : Tondifarma amont, Tondifarma aval, Tonka (dérivation du lac Horo), Tindirma (dérivation du lac Fati) et Diré. On décrira rapidement la marche de la pente entre les stations consécutives.

Tondifarma amont-Tondifarma aval. — Ici la pente varie à l'inverse de la crue. Sa valeur en étiage (16 cm/km) est exceptionnellement forte pour le Niger en aval du lac Débo, et elle atteint son *minimum* (7 cm/km) au début de la décrue. Le seuil de Tondifarma est donc progressivement noyé

(1) Séance du 9 juin 1941

(2) *Bulletin de l'Association des Géographes français*, 1940, p. 32.

par suite de la montée des eaux plus rapide en aval qu'en amont. Le graphique montre que la pente baisse au début de la crue quatre fois plus vite qu'après. Or, au début de la crue, l'action régularisant le niveau des



lacs périphériques est peu sensible, et l'on voit qu'il se produit un engorgement du lit même du fleuve. Après cette première montée la pente baisse moins vite, car les eaux trouvent des sorties dans l'inondation et vers les grands lacs. La pente se stabilise en novembre-décembre. Une nouvelle diminution de la pente en janvier est attribuable au maintien du niveau

aval par les eaux reversées par les lacs Horo et Fati. Leur action, à cette époque, serait de réduire la pente sur le seuil de Tondifarma de près de 2 cm/km, soit de près d'un quart.

Tondifarma aval-Tonka. — La pente en aval de Tondifarma est, en règle générale, inférieure à 1 cm/km. En amont de Tonka la marche normale d'augmentation de la pente avec la crue est influencée par l'existence des lacs périphériques. Au début de la crue, en août, la pente augmente de 2,5 fois par suite du remplissage rapide de ces lacs. Elle se stabilise ensuite autour de 0,7 cm/km (septembre-octobre). Elle remonte encore jusqu'à 1 cm/km en novembre, les lacs n'absorbant alors qu'un faible débit, mais, dès que ceux-ci commencent à restituer l'eau au fleuve (fin décembre), la pente diminue et se *renverse* certains jours. Le flot, venant du lac Horo surtout, maintient alors le niveau à Tonka à une cote supérieure à celle qui correspond au débit venant de Tondifarma. A la fin des observations (fin mai) la pente devient franchement négative. Cela ne peut être dû aux lacs périphériques, car le débit du Horo est alors faible et le Fati est coupé du Niger. On doit donc admettre qu'il s'agit de l'action du Bara Issa que l'on ne saurait préciser.

Tonka-Tindirma. — L'allure de la pente est semblable à la précédente jusqu'au moment où la cote 279,80 est atteinte par la décrue à Tonka. Il se produit alors une augmentation de la pente considérable. A ce moment ceci ne peut être dû qu'au maintien du niveau à Tonka par le flot venant du Horo, tandis que le débit venant du Fati à Tindirma est beaucoup plus faible. A la fin de la décrue la pente est renversée et va vers Tonka, de même qu'elle se renverse dans l'intervalle précédent. L'amplitude de la variation est ici plus du double du graghique précédent, ce qui est en faveur de son attribution à l'action du Bara Issa.

Tindirma-Diré. — L'allure générale de la pente du début août à fin avril est normale : la pente augmente avec la crue, elle baisse avec la décrue. Cependant, en mai et au début de juin, il y a une très forte augmentation de la pente, due à une baisse moins rapide à Tindirma. L'effet est ici en sens contraire de ce que l'on a constaté pour les deux graphiques précédents; il confirme l'hypothèse de Bara Issa qui rejoint le Niger à mi-distance entre Tindirma et Diré.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur une méthode de fractionnement du constituant organique des vases.* Note de MM. **Jacques Bourcart** et **Pierre Péreau.**

La vase des rivières et des estuaires avait été, le plus souvent jusqu'ici, considérée comme une argile; M. L. Cayeux avait pourtant déjà montré que les minéraux de l'argile n'y sont qu'accidentels. L'étude de nombreuses vases de la côte atlantique française, du Portugal et de Guinée ([1]) a montré que celles-ci sont toujours constituées :

1° par une fraction minérable (sable et poudre), de nature minéralogique très variée;
2° par une fraction organique provenant essentiellement de la transformation des débris végétaux venant de la mer (algues), ou du fleuve.

A l'exception d'Ehrenberg et de Pestel ([2]), qui avaient étudié les *Watten* de la Mer du Nord, le rôle capital de ce liant organique, qui atteint de 10 % à 30 % de la matière sèche, avait été passé sous silence.

Nous avons cherché à préciser la nature de cette matière organique par des *fractionnements* successifs. Après de nombreux essais, la méthode adoptée a été à peu près celle que Sven Odèn ([3]) a employée pour l'étude des tourbes, et O. Schreiner et E. C. Shorey ([4]) pour l'étude des sols cultivables :

1° La vase, préalablement dispersée dans un grand volume d'eau distillée pour la débarrasser des sels solubles, est traitée par l'eau bouillante pendant 2 heures (fraction A). Le filtrat, concentré, laisse déposer à froid, une poudre blanche (fraction Ap, cellodextrine?); il reste dans le liquide, de couleur jaune, des sels organiques de fer (fraction As).

2° Le résidu sur filtre est alors traité à l'ébullition pendant 2 heures par un grand excès de lessive de soude à 2 %. Le filtrat (fraction B, matière noire de Grandeau) est alors exactement neutralisé par HCl. Un précipité noir, visqueux, se forme alors (fraction Bp, *acides humiques*

([1]) Jacques Bourcart, *Comptes rendus*, **207**, 1939, p. 758; **208**, 1939, p. 542; **212**, 1941, p. 448; Claude Francis-Boeuf, *Rev. géo. phys. géol. dyn.*, **12**, n° 3, pp. 399-403, Paris, 1938.

([2]) K. Andrée, *Geologie des Meeresboden*, **11**, p. 104, Leipzig, 1920.

([3]) *Die Hüminsäure* (*Kolloidchem. Beih.*, **11**, 1919, p. 75).

([4]) *Chemical nature of soil organic matter, U. S. Dep. Agr., Bur. of soils. Bull.*, **74**, p. 47. Washington, D. C. 1910.

insolubles dans l'alcool, *acides hymatomélaniques* (Sv. Odèn) solubles, cires); le liquide chlorhydrique reste brun rougeâtre (fraction Bs). Si on l'alcalinise à nouveau par l'ammoniaque, il se précipite une *gelée* (fraction Bs 1, acides pectiques?), et il reste dans la liqueur les *fulvo-acides* de Sv. Odèn (fraction Bs 2).

Le résidu de ces fractionnements (C) contient : 1° le squelette minéral de la vase; 2° de rares fibres de cellulose (éliminables par la liqueur de Schweitzer) ou de lignine, restées inaltérées dans le milieu originel, une substance brun noirâtre, en sphérules, qui est de l'humine. La proportion de matière organique subsistant dans ce reste peut être déterminée par combustion dans le mélange sulfo-chromique.

Les résultats numériques obtenus jusqu'ici sont les suivants :

	Pourcentage.					
Appellation.	Ap.	As.	Bp.	Bs.	C (reste).	T (*).
Vase d'estuaires.						
Aulne à Trégarvan	4,3	2,7	1,2	0,7	91	8,9
Ile Tudy	2,8	0,7	0,8	0,1	95,3	4,4
Orne à Caen	0,1	0,8	1,5	2,9	95	5,2
Vase d'eau douce.						
Canal de l'Ourcq à Sevran.	1,3	2,9	1,7	2,0	92	5,9
Lac du Bois de Boulogne. Partie sup..	0,7	2	1,9	0,3	95	4,9
» moy.	0,28	0,23	1	2	93,4	3,51
» inf...	0,1	0,2	0,3	0,5	98	1,1

(*) Total des fractions extraites.

Ce fractionnement permet de reconnaître :

1° Que la matière organique constituant les vases est formée des mêmes constituants que les chercheurs modernes ont isolés des tourbes ou des sols humifères ([5]);

2° Que la proportion des différentes fractions semble très variable pour les différentes vases. A ce point de vue les échantillons du lac du Bois de Boulogne, qui représentent 60 ans de dépôt de vase sans apport sableux (hauteur moyenne du dépôt 50^{cm}), sont particulièrement intéressants; la proportion des différents constituants organiques diminue en effet normalement de la surface au fond, à l'exception des fulvo-acides (fraction Bs) qui semblent s'accumuler dans la partie moyenne et de l'humine qui

([5]) K. Maiwald, *Organische Bestandteile des Bodens* (*Handbuch der Bodenlehre*, VII, p. 113-204, Berlin, 1931).

augmente à la base (évolution de l'humus vers un produit plus riche en carbone).

Dans la vase intacte, il semble que les produits acides du fractionnement (fulvo-acides, acides humiques et hymatomélaniques) soient presque toujours combinés avec du fer que l'on peut toujours déceler dans les suspensions colloïdales, stabilisées par l'ammoniaque et filtrées. En tout état de cause, ces produits sont toujours à l'état combiné, la réaction de la vase étant toujours franchement alcaline. A cette exception près, nos recherches font ressortir la profonde analogie qui existe entre les vases, les tourbes et les sols humifères.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur le complexe pecto-cellulosique de la membrane végétale.* Note de M. **André Dauphiné**, présentée par M. Marin Molliard.

Il est généralement admis que la pectose constitue la lamelle moyenne de la membrane des végétaux et qu'elle existe à l'état de mélange intermicellaire dans le feuillet cellulosique de la membrane primaire.

J'ai fait connaître précédemment les raisons qui permettent de considérer que la jeune membrane est, dans toute son épaisseur, constituée par un mélange intime de pectose et de cellulose, et que ce n'est que progressivement que s'individualise une lamelle moyenne dans laquelle la pectose prédomine de plus en plus ([1]). Je me propose ici d'apporter quelques précisions nouvelles sur les rapports des deux substances qui constituent le complexe pecto-cellulosique.

Les observations ont été principalement faites sur des coupes transversales de tiges adultes d'Ortie (*Urtica dioica*). Ce matériel permet de comparer avec les membranes pecto-cellulosiques du parenchyme et du collenchyme la masse de cellulose qui constitue l'épaississement des fibres. Traités par l'acide iodhydrique fumant iodé, ces différents éléments présentent dans toutes les parties de leur membrane la couleur bleue caractéristique de la cellulose, avec une teinte plus pâle dans la région moyenne des épaississements angulaires du collenchyme. De même, les solutions diluées de rouge de ruthénium colorent dans leur ensemble les membranes

([1]) A. Dauphiné, *Rev. gén. de Bot.*, 51, 1939, p. 100.

du parenchyme et du collenchyme, mettant seulement en évidence, par une teinte plus foncée, la prédominance de la pectose dans la partie moyenne de l'épaississement du collenchyme. Pour les membranes du parenchyme, ce n'est guère qu'au voisinage des méats qu'il est possible de déceler la lamelle moyenne. En ce qui concerne les fibres cellulosiques, on peut distinguer : d'une part, la membrane primaire qui se comporte comme les membranes du parenchyme, d'autre part, la masse cellulosique d'apposition secondaire qui se colore d'une manière faible et diffuse.

En présence de la difficulté de réaliser des doubles colorations de la pectose et de la cellulose, et de l'irrégularité des résultats qu'elles peuvent donner, j'ai eu recours à l'action combinée du rouge de ruthénium et du dissolvant classique de la cellulose, la liqueur cupro-ammoniacale de Schweitzer, après avoir constaté que la présence de ce dernier réactif ne nuit en rien à l'action élective du rouge de ruthénium, qui, d'autre part, ne donne aucune coloration aux membranes suffisamment appauvries en pectose ([2]).

Les coupes colorées au préalable par le rouge de ruthénium sont soumises à l'action de la liqueur de Schweitzer. En suivant attentivement cette action sous le microscope, on peut constater que le gonflement de la cellulose qui précède sa dissolution est en raison inverse de la quantité de pectose, décelée par la coloration plus ou moins intense due au rouge de ruthénium. Ce gonflement est presque nul pendant un certain temps pour les membranes de parenchyme. Il est impossible à localiser dans la partie interne des épaississements du collenchyme, et ce n'est qu'après une heure de séjour dans une solution cupro-ammoniacale concentrée que les faces internes des parois présentent un gonflement appréciable corrélatif à une atténuation de la teinte rose.

Pour les fibres, la membrane primaire se comporte d'une manière identique à l'ensemble de la membrane du parenchyme; l'épaississement secondaire, au contraire, est rapidement et considérablement gonflé et ne tarde pas à être plus ou moins dissous. On voit la teinte rose diffuse faire place à une coloration bleu verdâtre due à l'imprégnation de la cellulose par la liqueur de Schweitzer; à ce moment, le gonflement des couches cellulosiques d'apposition permet de constater entre certaines d'entre elles de minces lignes nettement colorées en rouge; ces lignes s'observent sur des coupes traitées ou non par l'hypochlorite de soude; elles ne s'observent

([2]) A. Dauphiné, *Rev. de Cytologie et Cytophysiologie vég.*, 3, 1, 1938, p. 27.

pas, au contraire, sur des coupes dépectosées : elles correspondent donc à un dépôt de pectose. Il semble d'ailleurs que cette pectose soit mélangée à de la cellulose, car on la voit disparaître pendant la dissolution de la masse cellulosique.

La présence de lamelles pectiques intercalées entre des couches de cellulose a été signalée par Anderson (*Sitzgsber. Akad. Wiss. Wien, Math. Naturwiss.*, 1927) dans les épaississements de collenchyme; il l'a constatée négativement sur des matériaux dépectosés et en conclut que, comme dans la lamelle moyenne, la pectose y est localisée et non pas à l'état de mélange intermicellaire. Mais, de même que la pectose de la lamelle moyenne se trouve, au moins au début, intimement mélangée à la cellulose, il semble bien ici encore qu'elle constitue un matériel d'imprégnation de la masse cellulosique, celle-ci étant constituée par des couches de cellulose plus ou moins riches en pectose. En effet, comme dans les fibres, une action prolongée de la liqueur de Schweitzer ne libère pas de lamelles pectiques dans ces épaississements.

En résumé, il résulte de nombreuses observations contrôlées sur des matériaux variés, avec l'emploi comparé ou combiné des réactifs spécifiques de coloration et de dissolution de la pectose et de la cellulose, que la pectose n'apparaît pas dans la membrane à l'état de substance juxtaposée à la cellulose, mais qu'elle est toujours, au moins au début, intimement associée à cette dernière. C'est au cours de l'évolution des tissus que certaines parties de la membrane, telles que la lamelle moyenne et une grande partie des épaississements collenchymateux, s'enrichissent en pectose au point qu'elle les constitue à elle seule ou presque à elle seule.

Ces observations montrent également la différence qui existe entre les couches d'apposition secondaire des fibres et les membranes primaires dont les épaississements du collenchyme ne constituent qu'un cas particulier [3]. Ces dernières contiennent, en mélange intime avec la cellulose, une proportion de pectose telle que l'action du dissolvant se trouve retardée, et cela d'autant plus que la proportion de pectose est plus grande, tandis que les couches d'apposition secondaire sont formées de cellulose presque pure. Les membranes primaires, traitées pendant une heure par une solution de Schweitzer concentrée, présentent encore des traces appréciables de biréfringence et de coloration bleue par l'acide iodhydrique iodé, témoignant ainsi de la persistance de cellulose non dissoute. Cette résistance à la

(3) A. Dauphiné, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1064.

dissolution est bien due à la présence de la pectose, car ces mêmes membranes, privées au préalable de leur pectose, sont aussi rapidement gonflées et dissoutes par la liqueur cupro-ammoniacale que les épaississements des fibres.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la composition des gousses et des graines de* Soja *au cours du développement.* Note de Mme **Cécile Sosa-Bourdouil**, MM. **Arthur Brunel** et **Antonio Sosa**, présentée par M. Richard Fosse.

Nous avons étudié, sur le même matériel, l'évolution des glucides, des lipides, des protides et de quelques diastases au cours du développement du *Soja hispida* Mnch. à grains jaunes cultivé à Paris. Nous avons prélevé simultanément les fruits à divers stades (de I à IV) et analysé séparément les gousses et les graines, sauf au début où les graines sont trop petites pour être séparées (stade O).

Résumons d'abord les caractéristiques essentielles des deux organes, en ce qui concerne les proportions des divers constituants exprimées en grammes pour 100^g de substance sèche. Dans l'ensemble on observe pour les graines une accumulation des protides (4,4 à 5,1 d'azote protéique), des lipides (10,4 à 18,5) et des glucides solubles (5,3 à 9,2), pendant que les gousses suivent une évolution inverse. En outre les substances étudiées offrent dans le détail des caractères différents.

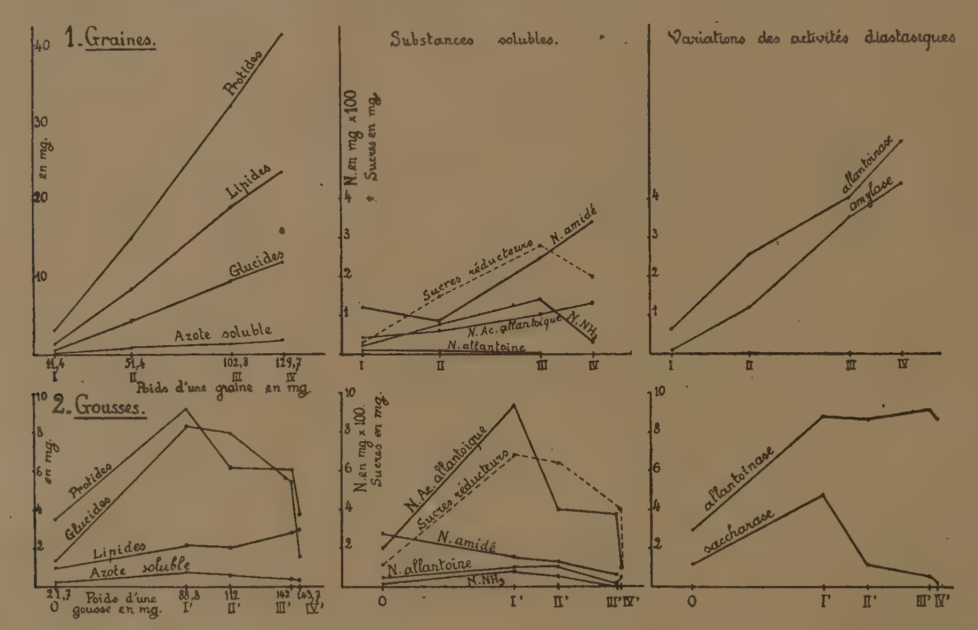
Glucides solubles. — Le sucre réducteur initial existe à tous les stades, mais il est quatre fois plus abondant au début dans les jeunes gousses que dans les graines; il diminue dans les deux organes au cours du développement. Le saccharose s'accumule dans les graines et le stachyose existe dès le début; ce dernier holoside est absent des gousses où le saccharose finit par disparaître.

L'acide ascorbique existe dans les jeunes graines (0,13 en I) au moment où l'on note des teneurs importantes de sucre réducteur libre; les gousses en renferment beaucoup moins (0,01 en I).

Lipides. — Le poids moléculaire moyen des acides gras passe de 262 à 291 dans la graine, et l'indice d'iode de l'extrait lipidique de 93 à 129; cet indice est nettement plus faible dans les gousses (64 à 89). La teneur en insaponifiable pour 100^g d'extrait éthéré y est plus élevée (de 14 à 19 au lieu de 5,5 à 1,6).

Substances azotées. — A aucun stade il n'existe de nitrates. Les deux organes s'appauvrissent en azote soluble au cours du développement, particulièrement en azote ammoniacal et en azote amidé. L'allantoïne disparaît dans les graines alors que sa teneur augmente dans les gousses où elle est quatre fois plus abondante au dernier stade; l'acide allantoïque décroît dès le début dans les premières, puis il reste constant; dans les secondes, il passe par un maximum en I, puis disparaît.

Diastases. — Les graines sont 33 fois plus pauvres en saccharase au début que les gousses où cette teneur diminue rapidement; elles sont



Remarques. — On note une fois de plus que l'activité des diastases n'est pas toujours en rapport avec la qualité et la quantité des matériaux sur lesquels elles sont susceptibles d'agir. Au cours du développement l'accumulation des protides est plus active au début que celle des glucides et des lipides. Le rapport *glucides solubles/lipides*, étant constant, ne donne aucun renseignement sur la lipogénèse, *in situ*, aux dépens des glucides. Dans les gousses, l'acide allantoïque subit les mêmes variations que les protides. L'allantoïne disparaît à la fin du développement de la graine, comme par ailleurs l'acide ascorbique. On sait en outre que ces substances réapparaissent au cours de la germination au moment où l'embryon se développe. Cette évolution parallèle semble correspondre d'une part à la construction des matières protéiques (allantoïne), d'autre part à l'intensité des oxydo-réductions (acide ascorbique) à des périodes où l'activité chimique de la matière vivante est portée à un très haut degré.

10 fois plus riches en glucosidase β et 15 fois plus riches en amylase (stade I), alors qu'il n'existe pas de quantités notables d'amidon. La teneur en maltase est faible. L'activité de l'uricase augmente dans les graines; pour les gousses on observe l'inverse. La richesse en allantoïnase est maximum

dans la jeune graine; on observe des variations de même ordre dans les gousses. L'activité de l'uréase des graines est très élevée, dans les gousses elle diminue rapidement. L'allantoïcase n'existe que dans les jeunes graines.

Rapportons les résultats à un organe caractérisé par son état de développement : nous traduisons cet état par le poids sec moyen d'une graine et d'une gousse aux stades correspondants. Entre les deux organes il y a une différence de marche dans le développement particulièrement nette entre les stades III et IV où l'accroissement de la graine se poursuit d'une façon notable (20 %), alors que celui de la gousse est très ralenti (1,2 %). La gousse, organe transitoire, se vide de ses réserves et meurt, alors que la graine accumule les matériaux ultérieurement utilisés par l'embryon. A ces devenirs différents correspondent des activités chimiques distinctes comme le soulignent la qualité des matériaux et l'ensemble de leur évolution traduite par les graphiques ci-contre.

La marche de l'accumulation des protides, des lipides et des glucides se traduit pour les graines par des fonctions rectilignes croissantes, tandis que pour les gousses les courbes passent par un maximum.

HÉMATOLOGIE. — *Nouvelle méthode pour la numération des globules rouges du sang.* Note [1] de M. **Radu Vladesco**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

D'après les techniques en usage, on effectue la numération des éléments figurés du sang en diluant ce liquide et en examinant au microscope la dilution sanguine.

Le volume dans lequel ces éléments se trouvaient répandus étant connu, ainsi que le taux de la dilution sanguine, on calcule le nombre des éléments dans l'unité de volume (1^{mm^3}) de sang pur.

La nouvelle méthode que nous proposons tire son origine des recherches sur la microsédimentation [2].

En soumettant à la centrifugation, dans des tubes capillaires, une suspension de sang, préparée avec un liquide isotonique au sérum sanguin, on constate que le volume des globules rouges se fixe, après un certain temps, à une valeur minimum et invariable. Ce fait d'observation courante

---

(1) Séance du 26 mai 1941.

(2) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 260 et 642; **212**, 1941; p. 238, 394 et 641.

et l'extrême malléabilité des globules rouges rendent très probable la supposition suivante : le dépôt de globules rouges séparés par centrifugation, dans les conditions indiquées, représente le volume réel de ces globules mêmes et rien d'autre. En d'autres termes : entre les globules rouges séparés par centrifugation, jusqu'au volume invariable, il ne reste aucun espace qui ne soit rempli par autre chose que du protoplasme globulaire.

Si cela est vrai et si, en même temps, on connaît le volume d'un globule (on peut admettre avec une erreur négligeable que tous les globules rouges ont le même volume à l'état normal), on a un moyen rapide pour déterminer le nombre des globules rouges dans un volume connu de sang.

Le volume d'un seul globule rouge ne peut être déterminé que d'une façon approximative avec ce qu'on connaît actuellement sur la forme et les dimensions de ces globules (disques arrondis plus minces dans leur partie centrale que sur les bords).

Pour les globules du Cobaye (diamètre 7,5 μ, épaisseur au milieu 2 μ, épaisseur sur les bords 2,5 μ), le volume globulaire approché est 94 μ^3.

En appliquant la méthode ci-dessus, on trouve, avec la valeur 94, un nombre de globules rouges toujours plus bas que celui issu d'une numération directe.

Si l'on divise le volume des globules rouges sédimentés par leur nombre déterminé directement, on trouve, pour le volume globulaire, une valeur de 85 μ^3.

Avec ce dernier chiffre le nombre des globules calculé devient beaucoup plus rapproché de celui trouvé par la numération directe.

En voici quelques exemples :

Nombre de globules rouges par millimètre cube de sang.

Calculé (vol. glob. 94 μ^3).	Trouvé par numération directe.	Calculé (vol. glob. 85 μ^3).
5 331 000	5 772 000	5 895 000
5 553 000	6 100 000	6 141 000
5 210 000	5 860 000	5 765 000

Il est évident qu'aucun doute ne subsisterait si le volume globulaire déduit par les deux voies était le même ou presque le même.

Où faut-il chercher l'explication de ce fait en apparence paradoxal ?

L'observation faite pour la première fois par von Limbeck, confirmée par la suite et judicieusement interprétée par H. J. Hamburger ([3]), à

([3]) *Osmotischer druck und Ionenlehre.* Wiesbaden, 1902.

savoir qu'en présence du gaz carbonique l'eau pénètre à l'intérieur des globules rouges et que ce phénomène est réversible, est, à ce point de vue, très importante.

Il est fort probable que le gaz carbonique, s'échappant pendant la centrifugation, provoque une sortie d'eau des globules, et par conséquent amène une diminution dans leur volume.

Quoi qu'il en soit, l'expérience montre que les résultats obtenus dans la numération des globules rouges chez le Cobaye, en admettant pour le volume globulaire 85 μ^3, concordent avec ceux fournis par la numération directe.

La technique comporte les opérations suivantes : l'extraction du sang (il n'est pas nécessaire d'employer des anticoagulants si l'on continue sans retard les manipulations ultérieures), sa dilution en proportion de 1 % dans le liquide de Hayem (chlorure de sodium 10^{g}, sulfate de sodium 25^{g}, chlorure mercurique 2,5, eau distillée 1000^{cm^3}), et la centrifugation d'un volume déterminé de la suspension jusqu'au volume invariable du dépôt globulaire.

Avec des tubes aux bouts desquels sont soudés des capillaires, ayant une longueur d'environ 60^{mm} et un diamètre d'environ $0^{mm},45$ (celui-ci doit être soigneusement déterminé à l'aide du mercure), la quantité de suspension sanguine de 1^{cm^3} (10^{mm^3} sang) est suffisante. Ces tubes, ayant une longueur totale d'environ 140^{mm}, sont suspendus convenablement à la tête d'un centrifugeur à main.

Il faut mentionner que cette méthode ne permet pas la numération des leucocytes pour la simple raison que leurs dimensions sont très variables. Mais elle est susceptible de donner des indications précieuses, non seulement sur le volume de la masse des globules rouges, mais aussi sur celui des leucocytes qui forment une couche très distincte.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Action sécrétrice de l'adrénaline sur l'estomac. Longue durée du temps de latence. Hypothèse sur le mécanisme de cette action.* Note de M. **Jean-Louis Parrot**, présentée par M. Maurice Javillier.

Au cours de recherches entreprises avec G. Ungar ([1]) sur la transformation diastasique de l'adrénaline *in vitro* en présence de fragments ou d'extraits d'estomac de Mammifères, nous avons caractérisé l'apparition dans le milieu d'une nouvelle substance par son action sur l'intestin isolé du Cobaye, par ses propriétés hypotensives chez le Chat, le Chien et le Lapin, et par son action stimulante sur la sécrétion gastrique du Chien et du Chat. La formation de cette substance est favorisée par divers sympathicolytiques ([1]); nous lui avons attribué les actions dites inverses de l'adrénaline. D'après Bacq et Heirman ([2]), cette substance serait distincte de celle qu'ils désignent sous le nom d'adrénoxine.

Nous nous sommes proposé aujourd'hui d'examiner s'il est possible de reconnaître, chez l'animal vivant, la présence de la même substance à la suite d'une injection d'adrénaline, et nous avons choisi comme test son action sécrétrice sur l'estomac de l'animal lui-même.

Classiquement, l'adrénaline ne possède qu'une action inhibitrice sur la sécrétion gastrique. Cependant quelques cliniciens ([3]), ([4]), étudiant l'acidité du suc gastrique après un repas d'épreuve, avaient observé une augmentation tardive de cette acidité sous l'influence de l'adrénaline. Inconstante pour certains ([5]), elle serait remplacée, d'après d'autres, par une inhibition ([6]). Quelques expérimentateurs, observant la sécrétion d'un *petit estomac* après un repas d'épreuve, avaient noté que l'adrénaline augmentait faiblement son volume ([3]), ([7]), ([8]); mais cette augmentation

---

([1]) G. Ungar et J.-L. Parrot, *C. R. Soc. Biol.*, 131, 1939, p. 62 et 1165.
([2]) *Arch. intern. Physiol.*, 50, 1940, pp. 152-168.
([3]) G. Yukawa, *Arch. für Verdauungskr.*, 14, 1908, pp. 166-185.
([4]) M. Lœper et G. Verpy, *C. R. Soc. Biol.*, 80, 1917, p. 703.
([5]) Fr. Bouché, *Inaug. Dissert.*, Freiburg, 1909, 1 vol., 41 pages.
([6]) Fr. Boenheim, *Arch. für Verdauungskr.*, 26, 1920, pp. 74-120.
([7]) G. W. Sirotinin, *Ztschr. für ges. exp. Mediz.*, 40, 1924, pp. 90-97.
([8]) A. Bickel, *Ergebnisse der Physiol.*, 24, 1924, pp. 228-280.

est très inconstante ([9]); Hess et Grundlach ([10]) observent même une action inhibitrice constante.

Une technique plus simple nous permet d'obtenir avec régularité une activation très notable de la sécrétion gastrique à la suite de l'injection de 25 à 50 γ de chlorhydrate d'adrénaline par kilo : sur le Chien à jeun depuis 24 heures, anesthésié au chloralose, l'estomac, largement ouvert, est vidé, lavé, puis recousu en deux plans; le pylore et l'œsophage sont liés; une canule est placée sur l'antre pylorique; les nerfs vagues sont intacts. La sécrétion, de 0,1 à 0^{cm^3},5 en 5 minutes, avant l'injection d'adrénaline, commence à augmenter 40 minutes après celle-ci; 10 minutes après, cet accroissement atteint son maximum qui peut s'élever à 3^{cm^3} en 5 minutes; il dure une demi-heure en moyenne, 1 heure au maximum. La concentration en acide chlorhydrique total et libre, la quantité de substances azotées, l'activité peptique augmentent en même temps que le volume de la sécrétion; le suc, épais et muqueux, reste néanmoins relativement pauvre en acide et en pepsine. Sous l'influence de divers sympathicolytiques [yohimbine, ergotamine, diéthylamino-méthylbenzodioxan (883 F)], nous avons constaté un accroissement du volume de la sécrétion allant de 30 à 150 % par rapport à l'expérience témoin. L'atropine, injectée à raison de 0^{mg},25 par kilo, inhibe l'activation de la sécrétion gastrique.

Nous avons cherché si les deux principales substances biologiques capables d'activer la sécrétion gastrique, l'histamine et l'acétylcholine, pouvaient être mises en jeu par l'injection d'adrénaline. Mais la sécrétion déterminée par l'histamine est différente : le temps de latence est plus court, le suc est moins riche en substances azotées, la sécrétion n'est pas supprimée par l'atropine à la dose que nous avons utilisée; nous avons observé, il est vrai, une sécrétion primaire, inconstante, dont le maximum se place vers la 15e ou la 20e minute : peut-être témoigne-t-elle d'une libération d'histamine par l'adrénaline selon l'hypothèse de Ungar ([11]). Quant au médiateur cholinergique, nous avons éliminé la possibilité de son intervention par voie réflexe en provoquant une sécrétion adrénalinique après section au cou des deux nerfs vagues.

([9]) G. Suda, *Virchows Arch.*, 251, 1924, pp. 56-94.

([10]) *Pflüger's Archiv.*, 185, 1920, pp. 122-136.

([11]) *Les substances histaminiques et la transmission chimique de l'influx nerveux. L'histaminergie normale et pathologique*, Paris, 1937, voir pp. 70-72.

Notre hypothèse semble donc vérifiée : cette nouvelle action de l'adrénaline dépendrait alors de la même transformation diastasique de cette hormone que ses effets dits inverses; elle fournirait l'exemple d'un tel effet qui ne revêt pas l'aspect d'un phénomène inhibiteur.

Les caractères de la sécrétion provoquée sont en somme les suivants : elle apparaît après un temps de latence assez long (40 minutes environ après l'injection d'adrénaline); riche en substances azotées, elle est relativement pauvre en acide et en diastase. Assez analogue à la sécrétion dite chimique, elle s'oppose à la sécrétion réflexe, qui est d'origine cholinergique. Elle prend place à côté des sécrétions salivaire et pancréatique que détermine l'adrénaline.

La séance est levée à 15^h45^m.

A. Lx.